WILLIAM BYNUM

LƯỢC SỬ KHOA HỌC

A LITTLE HISTORY OF SCIENCE

ĐỨC LONG *dịch*

nhà nam
NHÀ XUẤT BẢN THẾ GIỚI

vctvegroup

William Bynum là giáo sư danh dự đã nghỉ hưu thuộc Bộ môn Lịch sử Y khoa tại University College, London. Ông đã biên tập cho tạp chí *Medical History* từ năm 1980 đến năm 2001 và chuyên viết về các khía cạnh của lịch sử y học cũng như khoa học cơ bản.

Ông đang sống ở Suffolk, Vương quốc Anh.

“Thông qua những chương sách nhỏ xinh nói về kính viễn vọng, các chất khí, động cơ, quỹ đạo của các hành tinh, tế bào, từ tính, trôi dạt lục địa…, cuốn sách đã bao quát lịch sử khoa học từ thiên văn của người Babylon đến Dự án Bản đồ gien người và hạt Higgs. Tác giả đặc biệt hứng thú với lịch sử y học (lĩnh vực chính của ông) và thể hiện một khiếu hài hước tuyệt vời xuyên suốt cuốn sách.”

THE GUARDIAN

Cuộc sống hiện đại có vô vàn sự vật hết sức quen thuộc mà mỗi khi dừng lại để nghĩ về chúng, con người không khỏi ngạc nhiên và thán phục trí tuệ siêu phàm của các bậc tiền nhân hàng nghìn năm qua: những con số mà chúng ta viết, những máy vi tính cá nhân mà chúng ta sử dụng, gần gũi hơn nữa là cấu tạo và chức năng của các cơ quan trong cơ thể người. Những sự thật như Trái Đất quay quanh Mặt Trời hay lực hút khiến mọi vật trên Trái Đất rơi xuống theo chiều thẳng đứng cũng đã trải qua một lịch sử gian nan mới được phổ biến như ngày nay.

Hãy đọc cuốn sách này để thấy những điều hiển nhiên ngày nay hóa ra cũng không hiển nhiên như thế nếu không có công sức của các nhà khoa học không ngừng khám phá và thế giới vẫn còn rất nhiều điều kỳ thú đang chờ đợi chúng ta.

Tặng Alex và Peter

Chương 1

Thủa sơ khai

Khoa học rất đặc biệt. Nó là cách tốt nhất chúng ta có để khám phá thế giới và tất cả những gì trong đó, bao gồm cả chính chúng ta.

Con người vẫn luôn đặt câu hỏi về những thứ họ nhìn thấy xung quanh trong suốt hàng nghìn năm. Những câu trả lời mà họ tìm được cũng thay đổi rất nhiều. Chính khoa học cũng vậy. Khoa học không ngừng vận động, phát triển dựa trên những ý tưởng và khám phá mà mỗi thế hệ truyền lại cho thế hệ tiếp theo, đồng thời có những bước nhảy vọt khi những khám phá hoàn toàn mới ra đời. Những thứ không hề thay đổi chính là sự tò mò, trí tưởng tượng, và trí tuệ của những người làm khoa học. Ngày nay chúng ta có thể hiểu biết nhiều hơn, nhưng những con người suy nghĩ sâu sắc về thế giới của họ vào khoảng 3.000 năm trước cũng thông minh không kém chúng ta.

Cuốn sách này không chỉ nói về kính hiển vi và ống nghiệm trong phòng thí nghiệm, mặc dù đó là những thứ người ta thường liên tưởng đến khi nghĩ về khoa học. Trong phần lớn lịch sử loài người, khoa học đã được con người sử dụng song song với ma thuật, tôn giáo, và công nghệ để cố gắng hiểu và điều khiển thế giới. Khoa học có thể là thứ gì đó đơn giản như việc quan sát Mặt Trời mọc mỗi sáng, nhưng cũng có thể là việc phức tạp như xác

định một nguyên tố hóa học mới. Ma thuật có thể là việc quan sát những ngôi sao để nói trước tương lai, cũng có thể là những thứ chúng ta vẫn cho là mê tín, như việc tránh xa khỏi đường đi của một con mèo mun. Tôn giáo có thể dẫn dắt chúng ta đến hành động cúng tế một con vật để làm dịu cơn giận của thần linh, hoặc cầu nguyện cho hòa bình thế giới. Công nghệ có thể đơn giản là nhóm một ngọn lửa, hoặc tạo ra một chiếc máy tính mới.

Khoa học, ma thuật, tôn giáo và công nghệ đã được dùng đến trong những xã hội loài người cổ xưa nhất, định cư trên những thung lũng sông trên lãnh thổ Ấn Độ, Trung Quốc, và Trung Đông. Đất ở các thung lũng sông này rất màu mỡ, cho phép người ta trồng trọt hằng năm, đủ để nuôi sống cả một cộng đồng lớn. Điều này cũng cho phép một số người trong những cộng đồng này có đủ thời gian để tập trung vào chỉ một việc, thực hành và thực hành, rồi trở thành những chuyên gia trong việc đó. Những "nhà khoa học" đầu tiên (mặc dù họ có lẽ sẽ không được gọi như vậy vào thời kỳ đó) có lẽ là các thầy tế.

Vào thời kỳ đầu, công nghệ (nghiêng về "làm") quan trọng hơn khoa học (nghiêng về "biết"). Người ta phải hiểu mình cần làm việc gì và làm việc đó như thế nào trước khi họ có thể trồng trọt, làm ra quần áo, và nấu ăn. Họ không cần hiểu *tại sao* một số loại quả mọng có độc hay một số loại cây lại ăn được khi học cách tránh loại cây này và trồng loại cây kia. Người ta cũng không cần biết lý do Mặt Trời mọc mỗi sáng và lặn mỗi tối, vì sao những việc này lại xảy ra đều đặn mỗi ngày và mọi ngày. Nhưng nhân loại không chỉ có khả năng tìm hiểu về thế giới xung quanh họ, họ cũng rất tò mò, và sự tò mò này chính là phần quan trọng nhất của khoa học.

Chúng ta biết về người xứ Babylon (vùng đất ngày nay thuộc Iraq) nhiều hơn những nền văn minh cổ đại khác, vì một lý do đơn giản: người Babylon đã viết lên các phiến đất sét. Hàng nghìn

phiến đất như vậy, được viết gần 6.000 năm trước, còn tồn tại đến ngày nay. Chúng cho ta biết người Babylon nhìn nhận thế giới như thế nào. Những con người đó cực kỳ biết cách tổ chức cuộc sống, lưu giữ cẩn thận những ghi chép về các vụ thu hoạch, kho tàng, và tài chính quốc gia. Những thầy tế dành nhiều thời gian theo dõi những chi tiết chính xác về cuộc sống thời cổ. Họ cũng là những "nhà khoa học" chính, thực hiện công tác trắc địa, đo đạc khoảng cách, quan sát bầu trời, và phát triển những kỹ thuật đếm số. Ngày nay, chúng ta vẫn còn sử dụng một số khám phá của họ. Cũng giống chúng ta, họ sử dụng các dấu gạch để đếm; giống như khi bạn kẻ 4 gạch dọc, rồi gạch một đường thứ 5 chéo qua cả 4 gạch dọc này, bạn có thể đã thấy trong phân cảnh phòng giam của các bộ phim hoạt hình những tù nhân làm thế này để đếm xem họ đã bị giam giữ bao nhiêu năm. Quan trọng hơn, chính người Babylon đã nói rằng mỗi phút phải có 60 giây và mỗi giờ phải có 60 phút, một vòng tròn phải gồm 360 độ và mỗi tuần phải có 7 ngày. Thật buồn cười khi nghĩ về điều này: chẳng có lý do thực sự nào đằng sau việc người ta chọn 60 giây tạo thành một phút, hay 7 ngày tạo thành một tuần. Bất kỳ con số nào khác cũng có thể làm tròn các vai trò trên. Nhưng hệ thống của người Babylon đã được các cộng đồng ở những nơi khác học tập và cứ tiếp tục sử dụng như vậy.

Người Babylon giỏi thiên văn học, bộ môn nghiên cứu bầu trời. Qua nhiều năm, họ đã bắt đầu nhận ra những mẫu hình trong vị trí của các sao và hành tinh trên bầu trời đêm. Họ tin rằng Trái Đất nằm ở trung tâm của vạn vật, và có những mối liên kết đầy quyền năng – và thần diệu – giữa con người và các vì sao. Khi con người còn tin rằng Trái Đất là trung tâm của Vũ Trụ, họ không coi nó là một hành tinh. Họ chia bầu trời đêm thành 12 phần, và đặt cho mỗi phần một cái tên gắn liền với các nhóm (hay "chòm") sao. Thông qua một trò chơi "Nối các chấm bằng các đường kẻ" trên trời, người Babylon nhìn thấy hình ảnh của đồ vật hoặc động vật trong một số chòm sao, ví dụ như một cái cân và một con bọ cạp.

Đây là 12 cung Hoàng Đạo đầu tiên, nền tảng của chiêm tinh học, bộ môn nghiên cứu sự ảnh hưởng của các vì sao lên con người. Chiêm tinh học và thiên văn học gắn bó chặt chẽ ở thời Babylon cổ và trong nhiều thế kỷ sau đó. Ngày nay, nhiều người biết cung Hoàng Đạo của họ là gì (tôi thuộc cung Kim Ngưu) và đọc dự đoán tử vi của họ trên các báo và tạp chí để tìm lời khuyên cho cuộc sống của họ. Nhưng chiêm tinh học không phải là một phần của khoa học hiện đại.

Người Babylon chỉ là một trong nhiều cộng đồng hùng mạnh ở Trung Đông thời cổ đại. Cộng đồng mà chúng ta hiểu nhiều và rõ hơn cả là người Ai Cập, định cư dọc sông Nile từ khoảng năm 3500 TCN. Không một nền văn minh nào trước và sau nền văn minh Ai Cập lại phụ thuộc vào một yếu tố tự nhiên duy nhất đến như vậy. Người Ai Cập dựa vào sông Nile để sinh tồn, bởi mỗi năm khi con sông vĩ đại này ngập nước, nó lại mang đến những lớp phù sa màu mỡ để phục hồi lớp đất hai bên bờ sông, và cứ như thế chuẩn bị đất cho những vụ mùa của năm tiếp theo. Ai Cập rất nóng và khô, nhờ đó mà rất nhiều thứ đã tồn tại được cho đến ngày nay để nhân loại ngưỡng mộ và học hỏi từ chúng, bao gồm nhiều bức tranh và một loại chữ viết tượng hình, được gọi là chữ tượng hình Ai Cập. Sau khi Ai Cập bị người Hy Lạp, kế đến là người La Mã, thôn tính, kỹ năng đọc và viết chữ tượng hình Ai Cập đã thất truyền; do đó, trong suốt 2.000 năm, ý nghĩa của các văn bản tượng hình của người Ai Cập cũng bị thất truyền theo. Thế rồi, vào năm 1798, một người lính Pháp tìm thấy một phiến đá hình tròn trong đống đổ nát cũ kĩ ở một thị trấn nhỏ gần Rosetta, miền Bắc của Ai Cập. Trên đó là một sắc lệnh được viết bằng ba ngôn ngữ khác nhau: chữ tượng hình Ai Cập, chữ Hy Lạp, và một kiểu chữ khác của người Ai Cập được gọi là demotic. Phiến đá Rosetta được đưa đến London, và ngày nay bạn có thể chiêm ngưỡng nó trong Bảo tàng Vương quốc Anh. Quả là một bước đột phá! Các học giả có thể đọc chữ Hy Lạp và từ đó dịch các kí tự

tượng hình Ai Cập, giải mã chữ viết bí ẩn của Ai Cập cổ đại. Giờ thì chúng ta thật sự có thể tìm hiểu những đức tin và tập quán của người Ai Cập cổ đại.

Thiên văn học Ai Cập có nhiều nét tương đồng với thiên văn học của người Babylon, nhưng mối quan tâm đến kiếp sau của người Ai Cập đồng nghĩa với việc họ thực dụng hơn khi quan sát các vì sao. Vào thời đó, lịch có vai trò rất quan trọng, không chỉ để cho người ta biết thời điểm thích hợp nhất để gieo trồng, hoặc dự đoán khi nào sông Nile sẽ dâng nước lũ, mà còn để lên kế hoạch cho các lễ hội tôn giáo. Một năm "tự nhiên" của họ dài 360 ngày, gồm 12 tháng, mỗi tháng 3 tuần, mỗi tuần 10 ngày, và họ thêm 5 ngày vào sau tháng cuối cùng để tránh việc các mùa đến sớm hơn thường lệ. Người Ai Cập cho rằng Vũ Trụ có hình một chiếc hộp chữ nhật, thế giới của họ ở đáy hộp, và sông Nile chảy chính xác qua trung tâm của thế giới đó. Ngày đầu tiên của năm trùng với ngày sông Nile dâng nước, và cuối cùng họ liên hệ sự kiện này đến việc ngôi sao sáng nhất bầu trời, Thiên Lang Tinh, mọc vào ban đêm.

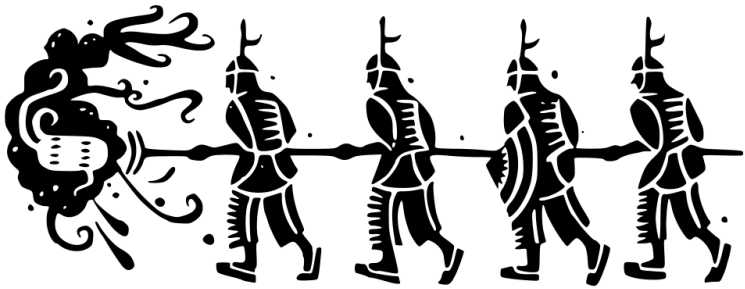
Giống như ở Babylon, thầy tế giữ vai trò quan trọng trong triều đình của các Pharaoh, những người cai trị Ai Cập cổ. Các Pharaoh được coi là các đấng thần thánh và có thể tận hưởng cuộc sống sau cái chết. Đây là một lý do họ xây dựng các kim tự tháp, thực chất là các lăng mộ khổng lồ. Các Pharaoh, người thân của họ và những người quan trọng khác, cùng với người hầu, chó, mèo, đồ nội thất và lương thực, được đặt trong các công trình khổng lồ này để chờ đợi một cuộc sống mới ở thế giới bên kia. Để bảo quản thi hài của những người quan trọng (xét cho cùng, tỉnh dậy ở thế giới bên kia với cơ thể mục rữa và hôi thối vẫn là chuyện không thể chấp nhận được), người Ai Cập phát triển các phương pháp ướp xác. Đầu tiên, nội tạng được lấy ra khỏi cơ thể (họ dùng một cái móc dài để lấy não của người chết thông qua lỗ mũi) và đặt trong các bình đặc biệt. Phần còn lại của thi hài được bảo quản bằng các loại hóa

chất, rồi được bọc kín trong vải lanh và đặt tại nơi an nghỉ cuối cùng trong các lăng mộ.

Những người làm công việc ướp xác biết rất rõ tim, phổi, gan, và thận trông như thế nào. Không may, họ không mô tả những nội tạng họ đã lấy ra khỏi thi hài, nên chúng ta không biết được họ nghĩ gì về hoạt động của các bộ phận bên trong cơ thể con người. Tuy nhiên, các cuộn giấy papyrus về y học vẫn còn tồn tại đến ngày nay, và những văn bản này cho chúng ta biết về ngành y học và phẫu thuật Ai Cập cổ. Như một quan niệm phổ biến vào thời đó, người Ai Cập cổ cho rằng nguyên nhân của bệnh tật là một sự hòa trộn của các yếu tố tôn giáo, ma thuật và tự nhiên. Những người chữa bệnh sẽ dẫn ra các câu thần chú khi điều trị cho bệnh nhân. Tuy nhiên, nhiều cách chữa bệnh do người Ai Cập cổ phát minh dường như xuất phát từ sự quan sát tỉ mỉ các loại bệnh. Một số loại thuốc họ đắp lên các vết thương sau chấn thương hoặc cuộc phẫu thuật có thể đã giữ cho các vết thương không nhiễm trùng, nhờ đó hỗ trợ quá trình phục hồi. Cách chữa bệnh này xuất hiện hàng nghìn năm trước khi chúng ta biết vi trùng là gì.

Ở giai đoạn này của lịch sử loài người, đếm số, thiên văn học và y học là ba lĩnh vực hoạt động "khoa học" rõ ràng nhất. Cần đếm số, vì bạn cần biết "bao nhiêu" trước khi bạn có thể trồng đủ hoa màu và trao đổi với người khác, hoặc để xem bạn có đủ binh lính hoặc nhân công xây kim tự tháp trong tay hay không. Cần thiên văn học, vì Mặt Trời, Mặt Trăng, và các ngôi sao liên hệ chặt chẽ với ngày, tháng và các mùa trong năm, đến mức việc ghi chép tỉ mỉ vị trí của chúng trên bầu trời là tối quan trọng đối với việc xây dựng lịch. Cần y học, vì khi con người ốm hoặc bị thương, họ tự nhiên sẽ tìm kiếm sự giúp đỡ. Nhưng trong chính mỗi trường hợp trên, ma thuật, tôn giáo, công nghệ và khoa học lại bị trộn lẫn vào nhau, và khi nghiên cứu các nền văn minh Trung Đông cổ đại này, chúng ta phải đưa ra nhiều giả thuyết về việc tại sao họ đã làm như vậy, hoặc những thường dân thời đó làm gì thường ngày.

Chúng ta khó có thể hiểu về dân thường, vì hầu như chỉ những người có quyền lực, có thể đọc và viết, mới để lại những ghi chép về lịch sử. Điều này cũng xảy ra với hai nền văn minh khác, khởi đầu gần như cùng lúc với văn minh Trung Đông, nhưng ở châu Á xa xôi: Trung Quốc và Ấn Độ.



Chương 2

Kim và số

Từ Babylon và Ai Cập, tiếp tục đi về phía Đông, bạn sẽ thấy những nền văn minh cổ đại phát triển rực rỡ ở cả hai bên của dãy Himalaya gồ ghề đá, trên lãnh thổ Ấn Độ và Trung Quốc. Khoảng 5.000 năm trước, con người định cư trong các thị trấn và thành phố trải dọc các thung lũng sông Ấn và sông Hoàng Hà. Vào thời kỳ đó, cả Ấn Độ và Trung Quốc đều là các vùng lãnh thổ rộng mênh mông, thậm chí còn lớn hơn cả ngày nay. Cả hai đều nằm trong những mạng lưới giao thương rộng lớn trên biển và đất liền, chạy theo các tuyến đường hương liệu, và cư dân của những vùng lãnh thổ này đã phát triển chữ viết và khoa học đến trình độ cao. Khoa học và thương mại hỗ trợ lẫn nhau: khoa học giúp hoạt động thương mại dễ dàng hơn, và của cải từ hoạt động thương mại tạo điều kiện cho việc học tập và nghiên cứu, vốn được coi là xa xỉ. Thật vậy, đến khoảng năm 1500, khoa học ở cả hai nền văn minh trên ít nhất đã tiến bộ ngang với khoa học ở châu Âu. Ấn Độ đóng góp cho nhân loại các con số và tình yêu với toán học. Còn Trung Quốc đem đến giấy, thuốc súng, và một thiết bị không thể thiếu cho việc tìm đường: la bàn.

Ngày nay, Trung Quốc là một thế lực quan trọng trên thế giới. Những vật dụng như quần áo, đồ chơi và đồ điện tử sản xuất tại

Trung Quốc được bán trên toàn cầu: cứ thử kiểm tra nhãn của các đôi giày thể thao của bạn mà xem. Tuy nhiên, trong nhiều thế kỷ, người phương Tây nhìn quốc gia này hoặc với cảm giác được xem một màn giải trí hoặc với sự bán tín bán nghi. Người Trung Quốc làm mọi thứ theo cách riêng của họ, đất nước của họ dường như vừa bí ẩn vừa không hề thay đổi.

Ngày nay chúng ta biết rằng Trung Quốc luôn là một đất nước năng động, và khoa học của họ cũng không ngừng thay đổi. Nhưng, một thứ không hề thay đổi qua nhiều thế kỷ: chữ viết. Chữ viết Trung Quốc được cấu thành bởi các chữ tượng ý – những hình vẽ nhỏ xíu đại diện cho các đối tượng, trông hoàn toàn xa lạ với những người quen sử dụng bảng chữ cái Latin như chúng ta. Nhưng nếu bạn biết cách giải nghĩa những hình vẽ nhỏ xíu này, bạn cũng có khả năng đọc được những văn tự cổ, thậm chí *rất* cổ, dễ dàng như đọc những văn tự hiện đại. Thực tế, chúng ta phải cảm ơn Trung Quốc vì đã phát minh ra giấy, thứ khiến cho việc viết trở nên dễ dàng hơn nhiều. Bản ghi trên giấy cổ xưa nhất mà chúng ta biết đã xuất hiện từ khoảng năm 150.

Cai trị Trung Quốc chưa bao giờ là việc dễ dàng, tuy nhiên khoa học có thể hỗ trợ công cuộc này. Có lẽ, dự án kỹ thuật vĩ đại nhất mọi thời đại, Vạn Lý Trường Thành của Trung Quốc, đã bắt đầu vào thế kỷ 5 TCN, dưới triều đại Đông Chu. (Lịch sử Trung Quốc được chia thành nhiều triều đại, gắn liền với những vị vua quyền lực và triều đình của họ.) Bức Trường Thành này nhằm ngăn cản sự xâm lấn của những bộ tộc man rợ phương Bắc, đồng thời giữ người Trung Quốc ở lại bên trong lãnh thổ! Nó khiến người ta phải dành hàng thế kỷ để hoàn thành, mở rộng và tu sửa, và giờ đây dài tới 5.500 dặm (khoảng 8851 kilomet). (Có một thời kỳ, người ta tưởng rằng có thể nhìn thấy Vạn Lý Trường Thành từ ngoài không gian, nhưng điều đó không đúng: chính các phi hành gia của Trung Quốc cũng không thể nào nhìn thấy công trình này). Một thành tựu kỹ thuật vĩ đại khác, Đại Vận Hà, được khởi công dưới thời nhà

Tùy vào thế kỷ 5. Tận dụng những con kênh tự nhiên dọc theo các tuyến đường chính, con kênh đào nhân tạo dài hàng nghìn dặm này kết nối thành Bắc Kinh sâu trong đất liền về phía Bắc với Hàng Châu ở bờ biển phía Nam, và từ đó với thế giới bên ngoài. Những đại công trình này là những lời nhắc nhở đầy quyền lực không chỉ về kỹ năng của những bậc thầy trắc địa và kỹ sư người Trung Quốc, mà còn cả lượng khổng lồ nhân công lao động nặng mà những công trình này cần đến. Người Trung Quốc đã phát minh ra xe cút kít, nhưng các nhân công vẫn phải đào, đẩy và xây.

Người Trung Quốc xem Vũ Trụ như một loại sinh vật, trong đó các lực kết nối mọi thứ với nhau. Lực cơ bản và quan trọng nhất, hay năng lượng, được gọi là *Khí* (phát âm của từ này trong tiếng Trung Quốc là "qi", gần giống "chi" trong tiếng Việt, nhưng khi phát âm đôi môi cong hơn). Hai lực cơ bản khác là *âm* và *dương:* âm, yếu tố tính nữ, được gắn với sự tối tăm, mây, và sự ẩm ướt; dương, yếu tố tính nam, gắn với ánh nắng, sức nóng và sự ấm áp. Không một vật nào có tính âm thuần khiết hay dương thuần khiết – hai lực này luôn kết hợp rất nhiều mức độ khác nhau. Theo triết học Trung Quốc, mỗi người chúng ta đều mang ít nhiều cả âm lẫn dương, sự kết hợp giữa âm và dương quyết định chúng ta là ai và hành xử như thế nào.

Người Trung Quốc tin rằng Vũ Trụ được tạo thành bởi năm nguyên tố: Thủy (nước), Kim (kim loại), Mộc (gỗ hay cây cỏ), Hỏa (lửa) và Thổ (đất). Năm nguyên tố này không đơn thuần là nước hay lửa thông thường ta vẫn nhìn thấy xung quanh, mà là những nguyên tố cơ bản luôn đồng hành để tạo ra đất và trời. Tất nhiên, mỗi nguyên tố có đặc điểm riêng, đồng thời có cả những sức mạnh ăn khớp với nhau, giống như những món đồ chơi Transformers. Ví dụ, gỗ có thể thắng đất (một cái xẻng gỗ có thể đào đất); kim loại có thể đục gỗ; lửa có thể làm tan chảy kim loại; nước có thể dập tắt lửa; và đất có thể ngăn cản dòng chảy của nước. (Hãy nghĩ tới trò oẳn tù tì, thực ra được sáng tạo ở Trung Quốc). Những nguyên

tố này, kết hợp với hai lực âm và dương, tạo ra những vần điệu tuần hoàn của thời gian và tự nhiên, của bốn mùa, của vòng luân hồi sinh tử, của chuyển động Mặt Trời, các hành tinh và các ngôi sao.

Chính bởi vạn vật đều được hình thành từ năm nguyên tố và những lực cơ bản này, vạn vật, theo một nghĩa nào đó, đều đang sống và kết nối với nhau. Vì thế, ý niệm về "nguyên tử", một đơn vị cơ bản của vật chất, chưa bao giờ được phát triển ở Trung Quốc. Những triết gia nơi đây cũng không bao giờ nghĩ rằng mình cần phải diễn đạt mọi thứ bằng các con số để chúng được "khoa học". Môn số học ở đây rất thực tế: phép cộng khi mua bán, cân hàng hóa, vân vân. Chiếc bàn tính, một thiết bị gồm những hạt trượt trên các dây mảnh mà có thể bạn đã dùng để học đếm, xuất hiện trong các ghi chép vào khoảng cuối thế kỷ 16. Rất có khả năng nó được phát minh sớm hơn thế. Chiếc bàn tính khiến cho cả việc đếm lẫn cộng, trừ, nhân và chia được nhanh hơn.

Các con số cũng được sử dụng để tính toán độ dài ngày và năm. Từ năm 1400 TCN, người Trung Quốc đã biết một năm dài 365¼ ngày, và cũng giống hầu hết những nền văn minh ban sơ khác, họ dựa vào Mặt Trăng để tính tháng. Cũng như tất cả các dân tộc cổ đại, người Trung Quốc đo một năm bằng thời gian Mặt Trời hoàn thành một chu trình chuyển động của nó trên bầu trời. Các chu kỳ trong chuyển động của các hành tinh như Mộc Tinh và của các vì sao cũng hoàn toàn trùng khớp với quan niệm rằng vạn vật trong tự nhiên đều tuần hoàn. "Thái Cực Thượng Nguyên" là một bài tính toán vĩ đại nhằm tìm ra toàn bộ Vũ Trụ cần bao nhiêu thời gian để hoàn thành một chu kỳ: 23.639.040 năm. Điều này có nghĩa là Vũ Trụ đã tồn tại rất lâu (mặc dù ngày nay chúng ta đã biết Vũ Trụ đã tồn tại lâu hơn thế rất nhiều). Người Trung Quốc cũng nghĩ đến cấu trúc của Vũ Trụ. Những bản đồ sao đầu tiên của người Trung Quốc cho thấy họ đã biết cách biểu thị những vật tồn tại trong không gian cong lên một mặt phẳng hai chiều. Tuyên Dạ,

một người sống ở cuối thời nhà Hán§ (năm 25–220), tin rằng Mặt Trời, Mặt Trăng, và các vì sao trôi lơ lửng trong không gian theo sự dẫn dắt của các cơn gió. Cách nghĩ này rất khác với niềm tin của người Hy Lạp cổ, rằng các thiên thể được gắn trên những mặt cầu, nhưng lại giống với cách chúng ta hiểu về không gian Vũ Trụ ngày nay hơn. Những nhà chiêm tinh ở Trung Quốc ghi chép lại rất cẩn thận những hiện tượng bất thường, vì thế các ghi chép của họ, do đã được tích lũy liên tục từ thời xa xưa, vẫn rất có giá trị với các nhà thiên văn học thời hiện đại.

Do người Trung Quốc tin rằng Trái Đất đã tồn tại rất lâu, họ dễ dàng nhận ra rằng các nguyên liệu hóa thạch là những phần còn sót lại đã hóa cứng của động vật và thực vật từng sống trên Trái Đất. Đá được phân nhóm theo những tiêu chí như độ cứng và màu sắc. Ngọc bích đặc biệt quý giá, và các nghệ nhân đẽo các khối ngọc bích thành các bức tượng tuyệt đẹp. Động đất không phải chuyện hiếm ở Trung Quốc, và khi chưa ai có thể giải thích tại sao động đất xảy ra, vào thế kỷ 2, một người đàn ông rất uyên bác tên là Trương Hành đã sử dụng một con lắc đung đưa mỗi khi mặt đất rung chuyển để đo mức độ chấn động. Đây là một phiên bản rất sơ khai của địa chấn kế, một thiết bị vẽ ra biểu đồ là đường thẳng cho đến khi mặt đất chuyển động, lúc đó đường biểu đồ sẽ giật theo hình zigzag.

Người ta tìm hiểu từ tính của nam châm vì những mục đích rất thực tế. Người Trung Quốc đã tìm ra cách từ hóa vật liệu sắt bằng cách nung thanh sắt lên đến nhiệt độ cao, đặt nó theo phương Bắc–Nam và để nguội từ từ. Trung Quốc đã có la bàn từ rất lâu trước khi phương Tây biết đến thiết bị này, và chúng được sử dụng trong cả việc tìm đường lẫn bói toán. Thông dụng nhất là la bàn "ướt": chỉ đơn giản là một cây kim đã được từ hóa nổi trong một bát nước. Chúng ta vẫn thường nói rằng kim la bàn chỉ về hướng Bắc, nhưng đối với người Trung Quốc, chúng chỉ về hướng Nam. (Tất nhiên la bàn của chúng ta cũng chỉ hướng Nam – bằng đầu kia

của kim la bàn. Việc chọn hướng nào không quan trọng lắm, miễn là tất cả mọi người đều nhất trí.)

Người Trung Quốc là những nhà hóa học lão luyện. Nhiều nhà hóa học giỏi nhất là người theo Đạo giáo, hay còn gọi là đạo Lão, một nhóm tôn giáo tuân theo triết lý của Lão Tử – một người sống vào khoảng giữa thế kỷ 6 và thế kỷ 4 TCN. *(Đạo* có nghĩa là "cách thức" hoặc "con đường".) Những người khác theo đạo Khổng Tử hoặc đạo Phật. Triết lý của những lãnh tụ tín ngưỡng này ảnh hưởng đến thái độ của những người theo đạo đối với việc nghiên cứu Vũ Trụ. Tín ngưỡng vẫn luôn ảnh hưởng tới cách con người nhận thức thế giới xung quanh.

Bộ môn hóa học mà người Trung Quốc có thể thực hiện khá tinh tế so với thời đó. Ví dụ, họ có thể chưng cất cồn và các chất lỏng khác, và có thể tách được kim loại đồng từ các dung dịch. Bằng cách trộn bột than, lưu huỳnh và kali nitrat, họ tạo ra thuốc súng. Đây là chất nổ hóa học đầu tiên và là bàn đạp cho các phát minh pháo hoa và vũ khí. Chúng ta có thể nói rằng thuốc súng cho thấy âm và dương trong thế giới hóa học: chúng bùng nổ đẹp đẽ trong những màn bắn pháo hoa tráng lệ hoàng cung, nhưng cũng được dùng để bắn súng và đại bác trên các chiến trường, ngay từ thế kỷ 10. Người ta vẫn chưa biết chính xác làm thế nào mà công thức và hướng dẫn chế tạo chất hóa học uy lực này lại đến được với châu Âu, nhưng có một bản mô tả về thuốc súng ở lục địa này vào khoảng những năm 1280. Nó dần dần khiến chiến tranh ở khắp nơi trở nên chết chóc hơn.

Người Trung Quốc cũng có những nhà giả kim, những người tìm cách bào chế "thuốc trường sinh": một chất nào đó khiến cho con người sống lâu hơn, hoặc thậm chí trở nên bất tử. (Nhiều thông tin khác về giả kim thuật nằm ở Chương 9.) Họ thất bại trong cuộc tìm kiếm này, và thật ra một vài hoàng đế có thể đã sống được lâu hơn nếu như họ *không* uống những "giải dược" thử

nghiệm độc hại này. Tuy nhiên, việc tìm kiếm thứ thuốc nhiệm mầu này giúp người ta khám phá ra rất nhiều loại thuốc có thể chữa được các căn bệnh thông thường. Cũng như châu Âu, thầy thuốc người Trung Quốc sử dụng chiết xuất từ các loại cây để chữa bệnh, nhưng họ cũng tạo ra các hợp chất từ lưu huỳnh, thủy ngân và các chất khác. Cây ngải cứu được sử dụng để hạ sốt. Người ta tạo ra chiết xuất từ cây này và đốt nó trên da người ở một số vị trí nhất định để hỗ trợ quá trình lưu thông của các "sinh dịch". Công thức chế biến và phương pháp này mới được tìm thấy trong một cuốn sách về y học, được viết vào khoảng 1.800 năm trước. Khi kiểm nghiệm nó trong phòng thí nghiệm, người ta phát hiện ra rằng nó có hiệu quả chống lại bệnh sốt rét, một trong những nguyên nhân gây tử vong hàng đầu ngày nay ở các nước nhiệt đới. Một trong những triệu chứng của bệnh sốt rét là sốt cao.

Sách y dược bắt đầu được viết ở Trung Quốc từ thế kỷ 2 TCN, và ngày nay y học cổ đại của Trung Quốc tồn tại ở khắp nơi trên thế giới. Thuật châm cứu – gắn các cây kim vào những vùng nhất định trên da, được thực hành rộng rãi để chữa bệnh, giải tỏa căng thẳng và làm dịu các cơn đau. Châm cứu dựa trên nguyên lý rằng cơ thể có một loạt những đường kinh mạch mà trong đó năng lượng *Khí* lưu chuyển, và nhà châm cứu dùng kim để kích thích hoặc khai thông các kinh mạch này. Đôi khi, người ta tiến hành các cuộc phẫu thuật hầu như chỉ với các cây kim gắn lên cơ thể bệnh nhân để chặn cơn đau. Dù những nhà khoa học người Trung Quốc hiện đại làm việc không khác gì những đồng nghiệp của họ ở phương Tây, y học cổ truyền Trung Quốc vẫn được rất nhiều người trên khắp thế giới học và thực hành theo.

Y học cổ truyền của Ấn Độ cũng vậy. Nó được gọi là Ayurveda, và dựa trên các cuốn sách cùng tên được viết bằng cổ ngữ, tiếng Phạn, trong khoảng từ năm 200 TCN đến năm 600. Ayurveda dạy rằng cơ thể có những thể dịch được gọi là *dosha.* Có ba loại dosha là: *vata* khô, lạnh và nhẹ, *pitta* nóng, chua và hăng; và *kapha* lạnh,

nặng và ngọt. Những dosha này cần thiết cho sự vận hành đúng đắn của cơ thể, và khi có quá nhiều hoặc quá ít một hoặc hơn một dosha, hoặc chúng ở sai vị trí, bệnh tật sẽ phát sinh. Kiểm tra da bệnh nhân và bắt mạch cũng rất quan trọng nếu thầy thuốc Ấn Độ muốn chẩn đoán căn bệnh. Thuốc, các liệu trình xoa bóp, và các chế độ ăn uống đặc biệt có thể đưa cơ thể về trạng thái cân bằng. Thầy thuốc Ấn Độ sử dụng nhựa cây anh túc, tạo ra chất nha phiến để giúp bệnh nhân an thần và giảm đau.

Một tài liệu y học cổ khác của Ấn Độ, Susruta, tập trung vào phương pháp phẫu thuật. Một vài cuộc phẫu thuật được mô tả trong sách này đạt đến sự tinh tế phi thường trong bối cảnh giai đoạn sơ khai như vậy. Ví dụ, khi một bệnh nhân mắc chứng đục thủy tinh thể (cườm đục trong thủy tinh thể khiến cho người bệnh rất khó nhìn thấy), người thực hiện phẫu thuật nhẹ nhàng cắm một cây kim vào nhãn cầu của người bệnh và đẩy khối cườm sang một bên. Những nhà phẫu thuật ở Ấn Độ cũng có thể sử dụng những mảnh da của chính bệnh nhân để chữa những chiếc mũi bị tổn thương, có thể coi đây là những trường hợp đầu tiên của phương pháp mà ngày nay chúng ta gọi là phẫu thuật tạo hình.

Y học Ayurveda gắn liền với những thầy thuốc Hindu. Khi những người Hồi giáo định cư trên đất Ấn Độ vào khoảng năm 1590, họ đem đến những y lý riêng, dựa trên y học Hy Lạp cổ đại được những y sư Hồi giáo thời kỳ sơ khai diễn dịch lại. Y học này, mang tên *Yunani* (nghĩa là “Hy Lạp”), phát triển song song với hệ thống Ayurveda. Cả hai vẫn được sử dụng tại Ấn Độ cho đến ngày nay bên cạnh nền y học quen thuộc với chúng ta – Tây y.

Ấn Độ có những truyền thống khoa học riêng biệt. Những nhà chiêm tinh người Ấn Độ giải nghĩa bầu trời, các ngôi sao, Mặt Trời và Mặt Trăng bằng cách sử dụng kiến thức từ công trình nghiên cứu của Ptolemy, nhà thiên văn học người Hy Lạp, và những ghi chép khoa học từ Trung Quốc do những nhà truyền bá đạo Phật

người Ấn Độ mang về. Một đài quan sát thiên văn nằm ở Ujjain, và một trong những nhà khoa học người Ấn Độ đầu tiên mà chúng ta biết đến, Varahamihira (khoảng năm 505), đã làm việc tại đó. Ông thu thập các tài liệu cũ về thiên văn học và bổ sung vào kho tài liệu này những quan sát cá nhân. Rất lâu sau đó, vào thế kỷ 16, các đài thiên văn được xây dựng tại Delhi và Jaipur. Lịch của người Ấn Độ cổ khá chính xác, và giống người Trung Quốc, người Ấn Độ tin rằng Trái Đất đã tồn tại từ rất lâu. Một trong những chu kỳ thiên văn của họ dài 4.320.000 năm. Tương tự người Trung Quốc, người Ấn Độ tìm cách bào chế thuốc trường sinh. Họ còn tìm cách tạo ra vàng từ những kim loại bình thường. Nhưng đóng góp quan trọng nhất của khoa học Ấn Độ nằm ở toán học.

Nhờ có người Ấn Độ phát minh, sau đó truyền bá qua Trung Đông, chúng ta mới có được những con số vẫn được gọi là "số Ả Rập": những con số quen thuộc 1, 2, 3 và cứ như vậy tiếp nối. Ý tưởng về số "0" cũng ra đời ở Ấn Độ. Bên cạnh các con số chúng ta vẫn đang sử dụng, các nhà toán học người Ấn Độ cũng đã có ý niệm cơ bản về "giữ vị trí". Lấy số 170 làm ví dụ. Ở đây, "1" = 100, nó giữ vị trí hàng trăm; "7" = 70, nó giữ vị trí hàng chục; và "0" giữ vị trí hàng đơn vị. Đối với chúng ta, những ý niệm này hiển nhiên đến mức chúng ta thậm chí còn không bao giờ nghĩ đến chúng, nhưng nếu chúng ta không có nguyên tắc "giữ vị trí", việc viết những con số lớn sẽ phức tạp hơn nhiều. Nhà toán học cổ đại người Ấn Độ nổi tiếng nhất, Brahmagupta, sống ở thế kỷ 7, đã tìm ra cách tính thể tích của khối lăng trụ và các hình khối khác. Ông là người đầu tiên đề cập đến số "0" và biết rằng số nào được nhân với 0 đều cho kết quả là 0. Gần 500 năm sau, một nhà toán học khác người Ấn Độ, Bhaskara (sinh năm 1115), mới chỉ ra rằng bất cứ số nào *được chia* cho 0 sẽ cho kết quả là vô cùng. Các cách giải thích thế giới của toán học hiện đại sẽ là bất khả thi nếu không có những khái niệm trên.

Trong khi y học cổ truyền Trung Quốc và Ấn Độ vẫn cạnh tranh

với Tây y cho đến ngày nay, thì điều ngược lại xảy ra trong khoa học. Các nhà khoa học người Ấn Độ và Trung Quốc làm việc với những ý tưởng, công cụ, và mục tiêu giống hệt những gì đồng nghiệp của họ ở khắp nơi trên thế giới đang tuân theo. Bất kể ở châu Á hay nơi nào khác, khoa học ngày nay là khoa học phổ quát, được phát triển ở phương Tây.

Nhưng hãy nhớ rằng chúng ta thừa hưởng các con số từ Ấn Độ, và giấy từ Trung Quốc. Hãy viết ra "bảng nhân 9", và bạn đang sử dụng những món quà rất cổ xưa đến từ phương Đông.

← Có lẽ tác giả đã hiểu nhầm, Tuyên Dạ không phải là một người mà là một thuyết. Thuyết này xuất hiện sớm nhất trong các tài liệu của Hy Manh vào cuối thời nhà Hán. (Các chú thích trong sách đều là của người dịch và Ban biên tập tiếng Việt.)

Chương 3
Nguyên tử và hư vô

Khoảng năm 454 TCN, nhà sử học người Hy Lạp Herodotus (khoảng năm 485–425 TCN) đã đến Ai Cập. Cũng giống chúng ta, ông bị choáng ngợp trước những kim tự tháp, và những bức tượng khổng lồ, cao 18 mét, ở Thebes phía thượng nguồn sông Nile. Ông gần như không thể tin nổi rằng tất cả những thứ ấy đã tồn tại từ rất lâu. Khi đó, thời huy hoàng của Ai Cập cổ đã trôi qua, và Ai Cập đã bị người Ba Tư xâm lấn từ lâu lắm rồi. Herodotus sống ở một xã hội trẻ trung, tràn trề sinh khí hơn và vẫn còn đang trong giai đoạn thịnh vượng, và cũng chính nền văn minh này sẽ chinh phục Ai Cập một thế kỷ sau đó dưới sự lãnh đạo của Alexander Đại Đế (356–323 TCN).

Đến thời kỳ của Herodotus, những người tư duy và viết bằng tiếng Hy Lạp đã thống trị cả một vùng phát triển thịnh vượng ở bờ Đông Địa Trung Hải. Họ ghi chép lại những tác phẩm của Homer, nhà thơ khiếm thị, như câu chuyện người Hy Lạp đánh bại thành Troy bằng cách dựng và nấp bên trong một con ngựa gỗ khổng lồ như thế nào, cũng như hành trình trở về nhà phi thường của chiến binh Hy Lạp Odysseus, người vạch ra chiến lược và điều khiển cuộc chiến thành Troy. Người Hy Lạp khi đó là những thợ đóng tàu, thương nhân, và nhà tư tưởng xuất sắc.

Một trong những nhà tư tưởng đầu tiên là Thales (khoảng năm 625–545 TCN), thương nhân, nhà thiên văn học, kiêm nhà toán học ở Miletus, trên bờ biển thuộc Thổ Nhĩ Kỳ ngày nay. Không có một văn bản nào ông viết còn tồn tại nguyên bản cho đến ngày nay, nhưng các tác giả sau này trích dẫn lời ông đồng thời kể lại các giai thoại cho thấy ông là người thế nào. Một trong những tác giả này nói rằng có một lần Thales quá mải mê ngắm những ngôi sao đến mức ông quên nhìn xem mình đang bước đến đâu và ngã xuống giếng. Trong một câu chuyện khác, Thales vượt qua tất cả những người đang cạnh tranh với ông: bởi ông rất thông minh, nên ông nhận ra sắp tới sẽ có một vụ mùa olive bội thu. Ông thuê lại tất cả những máy ép olive từ lâu trước vụ thu hoạch, khi mà chẳng ai cần đến chúng, và khi mùa thu hoạch đến, ông có thể cho thuê chúng để thu về lợi nhuận rất lớn. Thales không phải là giáo sư đãng trí đầu tiên – và chúng ta sẽ gặp nhiều người như vậy ở các phần tiếp theo của cuốn sách này – cũng không phải là người duy nhất thu lời nhờ áp dụng khoa học của mình.

Người ta cho rằng Thales đã đến Ai Cập và mang toán học Ai Cập đến với người Hy Lạp. Đây có thể chỉ là một giai thoại khác trong vô vàn giai thoại về ông, chẳng hạn như chuyện ông dự đoán chính xác hiện tượng nhật thực toàn phần (ông không biết về thiên văn học nhiều đến mức có thể làm như vậy). Tuy nhiên, cách ông giải thích các hiện tượng tự nhiên rất có khả năng là thật, ví dụ như đất đai phì nhiêu là do nước sông Nile dâng gây ngập lụt, hay cách động đất sinh ra do sự nóng lên quá mức của nước phía dưới vỏ Trái Đất. Đối với Thales, nước là nguyên tố chủ chốt, và ông hình dung Trái Đất như một chiếc đĩa nổi trên một đại dương bao la. Điều này nghe thật buồn cười đối với chúng ta, tuy nhiên điểm quan trọng nằm ở chỗ Thales thực sự muốn giải thích sự vật bằng các khái niệm tự nhiên, thay vì các khái niệm siêu nhiên. Người Ai Cập cổ đại nghĩ rằng sông Nile dâng nước do các vị thần.

Không giống Thales, Anaximander (khoảng năm 611–547 TCN),

cũng đến từ Miletus, tin rằng lửa là nguyên tố quan trọng nhất trong Vũ Trụ. Empedocles (khoảng năm 500–430 TCN), đến từ Sicily, cho rằng Vũ Trụ gồm bốn nguyên tố: không khí, đất, lửa, và nước. Ý tưởng này quen thuộc với chúng ta bởi nó đã trở thành lối tư duy mặc định của nhiều nhà tư tưởng trong gần 2000 năm, cho đến khi thời Trung cổ khép lại.

Trở thành lối tư duy mặc định không có nghĩa là ý tưởng bốn nguyên tố được tất cả mọi người chấp nhận như một kết luận cuối cùng. Ở Hy Lạp, và sau này ở La Mã, một nhóm các triết gia, được biết đến là những người theo trường phái nguyên tử, tin rằng thế giới được tạo thành bởi các hạt siêu nhỏ được gọi là nguyên tử. Người nổi tiếng nhất trong những người theo trường phái nguyên tử là Democritus. Sống vào khoảng năm 420 TCN. Những gì chúng ta biết về tư tưởng của Democritus chỉ thông qua một vài đoạn văn không đầy đủ viết về suy nghĩ của ông mà các tác giả khác trích dẫn. Democritus nghĩ rằng trong Vũ Trụ có rất rất nhiều nguyên tử, và chúng đã luôn tồn tại. Nguyên tử không thể bị phân thành những phần nhỏ hơn, và cũng không thể bị phá hủy. Mặc dù chúng quá nhỏ đến mức mắt người không thể nhìn thấy được, ông tin rằng chúng phải có nhiều hình dạng và kích thước khác nhau, vì chỉ điều này mới giải thích được tại sao các vật được tạo thành từ nguyên tử có mùi vị, bề mặt, và màu sắc khác nhau. Nhưng những vật lớn hơn này tồn tại chỉ vì con người có thể nếm, cảm nhận, và nhìn. Trong thế giới thực, Democritus nhấn mạnh, không có gì ngoài "nguyên tử và hư vô", những thứ mà ngày nay chúng ta gọi là vật chất và không gian.

Trường phái nguyên tử không được chấp nhận một cách rộng rãi, đặc biệt là quan điểm của Democritus và những người theo trường phái của ông về cách các sinh vật "tiến hóa" thông qua một phép thử – sai. Một phiên bản vui nhộn của trường phái này đề xuất rằng đã từng có một lượng lớn các bộ phận khác nhau của cây cỏ và động vật có khả năng ghép nối vào nhau theo bất cứ trật

tự nào – vòi của một con voi có thể gắn vào một con cá, một cánh hoa hồng có thể được gắn với một củ khoai tây, và cứ như vậy – cho đến khi chúng khớp với nhau theo cách chúng ta thấy ngày nay. Ý tưởng của thuyết này là nếu một cẳng chân chó vô tình ghép với một con mèo, con vật này sẽ không thể sống sót và vì thế sẽ không có con mèo nào mang chân chó. Sau một khoảng thời gian, tất cả chân chó cuối cùng gắn với chó và, ơn trời, tất cả chân người cuối cùng gắn với con người. (Một phiên bản khác về thuyết tiến hóa của người Hy Lạp cổ có vẻ thực tế hơn, tuy hơi "nhầy nhụa": người ta cho rằng mọi sinh vật dần dần hình thành từ một chất nhầy rất cổ xưa.)

Do trường phái nguyên tử không thấy bất kỳ mục đích tối thượng hay thiết kế vĩ đại nào trong Vũ Trụ mà chỉ cho rằng mọi thứ xảy ra do may mắn và cần thiết, hầu như không ai thích nó. Nó là một quan điểm ảm đạm, và hầu hết các triết gia người Hy Lạp tìm kiếm mục đích, chân lý, và cái đẹp. Những người Hy Lạp sống cùng thời với Democritus và những người theo trường phái nguyên tử hẳn đã được nghe toàn bộ những lý luận của họ, những gì chúng ta biết ngày nay chỉ thông qua những trích dẫn và thảo luận của những triết gia sống ở thời kỳ sau đó. Một người theo trường phái nguyên tử sống ở thời La Mã, Lucretius (khoảng 100–khoảng năm 55 TCN), viết một bài thơ khoa học tuyệt hay, *De rerum natura* ("Về bản chất của vạn vật"). Trong bài thơ này, ông mô tả bầu trời, Trái Đất và mọi thứ trên Trái Đất, bao gồm cả sự tiến hóa của xã hội loài người, theo cách lý giải của trường phái nguyên tử.

Chúng ta biết tên và một số đóng góp của nhiều nhà khoa học và toán học Hy Lạp cổ đại trong suốt gần 1000 năm. Aristotle là một trong những người vĩ đại nhất trong số họ. Quan điểm của ông về tự nhiên có sức ảnh hưởng đến mức nó thống trị một thời gian dài sau khi ông mất (và chúng ta sẽ quay lại với ông ở Chương 5). Nhưng ba người xuất hiện sau Aristotle đã có những

đóng góp đặc biệt quan trọng cho sự phát triển của khoa học thời đó.

Euclid (khoảng năm 330–khoảng năm 260 TCN) không phải là người đầu tiên nghĩ đến hình học (người Babylon cũng rất giỏi môn này). Nhưng ông là người đầu tiên tổng kết lại những tiên đề, quy tắc và quy trình cơ bản của bộ môn này trong một dạng sách giống sách giáo khoa. Hình học là một bộ môn toán học rất thực tế, giúp giải quyết các vấn đề về không gian: điểm, đường, mặt phẳng, thể tích. Euclid đã mô tả các nguyên tắc hình học như việc hai đường thẳng song song không bao giờ cắt nhau, và tổng các góc của một tam giác luôn bằng 180 độ. Cuốn sách *Cơ sở của hình học* vĩ đại của ông được ngưỡng mộ và nghiên cứu trên khắp châu Âu. Bạn có thể sẽ học môn "hình học phẳng" của ông vào một ngày nào đó. Tôi hy vọng rằng bạn sẽ cảm thấy ngưỡng mộ sự rõ ràng và gọn gàng của bộ môn này.

Người thứ hai trong Tam Đại§, Eratosthenes (khoảng năm 284–khoảng năm 192 TCN), đo chu vi của Trái Đất bằng một cách đơn giản nhưng cực kì thông minh – sử dụng hình học. Ông biết rằng vào ngày Hạ Chí, ngày dài nhất trong năm, tại một nơi tên là Syene, Mặt Trời nằm ở vị trí thẳng phía trên đỉnh đầu. Vì thế, ông đo góc chiếu của Mặt Trời vào ngày Hạ Chí tại Alexandria (nơi ông là thủ thư của một bảo tàng và thư viện nổi tiếng), cách Syene khoảng 5.000 stade, tương đương 804 kilomet, về phía Bắc. (Stade là một đơn vị đo độ dài của người Hy Lạp cổ, mỗi stade tương đương với khoảng 160m.) Dựa trên các đo đạc này, ông sử dụng hình học để tính ra rằng chu vi Trái Đất khoảng 250.000 stade (khoảng 40.233 kilomet), không lệch quá nhiều so với chu vi thực tế 40.075 kilomet (ở xích đạo) mà chúng ta đã biết ngày nay. Cần lưu ý rằng Eratosthenes đã nghĩ rằng Trái Đất có hình tròn. Không phải lúc nào người ta cũng tin rằng Trái Đất là một bề mặt phẳng rộng và con người có thể dong buồm vượt qua mép của mặt phẳng ấy, bất chấp những câu chuyện về Christopher Columbus và

chuyến vượt đại dương đến châu Mỹ của ông.

Người cuối cùng trong Tam Đại cũng làm việc ở Alexandria, thành phố ở miền Bắc Ai Cập do Alexander Đại Đế lập nên. Giống như nhiều nhà khoa học khác của thế giới cổ đại, Claudius Ptolemy (khoảng năm 100–khoảng năm 178) quan tâm tới rất nhiều vấn đề khác nhau. Ông viết về âm nhạc, địa lý và bản chất lẫn vận động của ánh sáng. Nhưng tác phẩm mang lại cho ông danh tiếng muôn đời là *Almagest,* cuốn sách được người Ả Rập đặt tên. Trong tác phẩm này, Ptolemy tập hợp và mở rộng các nhận định của nhiều nhà thiên văn học Hy Lạp cổ, bao gồm các bản đồ sao, tính toán chuyển động của các hành tinh, Mặt Trăng, Mặt Trời và các vì sao, cùng với cấu trúc của Vũ Trụ. Như những người khác cùng thời, ông giả định rằng Trái Đất nằm ở trung tâm của vạn vật, Mặt Trời, Mặt Trăng, các hành tinh và vì sao quay xung quanh Trái Đất theo quỹ đạo hình tròn. Ptolemy là một nhà toán học xuất sắc, và ông phát hiện ra rằng bằng việc bổ sung một vài hiệu chỉnh, ông đã có thể giải thích chuyển động của các hành tinh mà ông và nhiều người trước ông đã nhận thấy.

Giải thích việc Mặt Trời quay quanh Trái Đất thực sự là rất khó, bởi trên thực tế điều ngược lại mới xảy ra. Cuốn sách của Ptolemy là một tài liệu thiết yếu của mọi nhà thiên văn học ở các vùng đất Hồi giáo và châu Âu thời Trung cổ. Nó là một trong những cuốn sách đầu tiên được dịch sang tiếng Ả Rập, và sau đó lại được dịch sang tiếng Latin – nó quả thực rất được ngưỡng mộ. Thực tế, Ptolemy được nhiều người xếp ngang hàng với Hippocrates, Aristotle và Galen, mặc dù với chúng ta, cả ba học giả này đều có một chương riêng viết về họ.

← Nguyên văn: the Big Three. (Mọi chú thích trong sách đều là của người dịch và Ban biên tập tiếng Việt nếu không có giải thích gì thêm.)

Chương 4

Ông tổ của y học

Hippocrates

Trong lần gặp bác sĩ tiếp theo, bạn hãy hỏi xem người đó đã tuyên thệ Lời thề Hippocrates trong lễ tốt nghiệp chưa. Không phải đại học y nào thời hiện đại cũng yêu cầu sinh viên dẫn lại lời thề này, nhưng một số trường vẫn đòi hỏi như vậy, và lời thề này, dù đã được viết vào hơn 2000 năm trước, vẫn luôn có điều gì đó để truyền lại cho chúng ta. Chúng ta sẽ xem đó là điều gì trong những trang sắp tới.

Mặc dù tên của Hippocrates được gán cho lời thề nổi tiếng này, có một điều gần như chắc chắn là ông không viết ra nó. Thực ra, ông chỉ viết một vài trong số khoảng 60 bài luận chuyên sâu (các cuốn sách ngắn về các chủ đề cụ thể) mang tên ông. Chúng ta biết khá ít về con người Hippocrates. Ông sinh vào khoảng năm 460 TCN ở đảo Cos, không xa Thổ Nhĩ Kỳ ngày nay. Ông hành nghề với tư cách bác sĩ, dạy y thuật (vì tiền), và có khả năng cao ông có hai con trai và một con rể đều là bác sĩ. Có cả một lịch sử dài cho việc nghề y là truyền thống gia đình.

Tập văn Hippocrates thực ra được viết bởi nhiều cá nhân, trong một khoảng thời gian dài, có lẽ đến 250 năm. Nhiều bài luận

chuyên sâu trong tập văn biện luận nhiều quan điểm khác nhau, và tác giả giải quyết rất nhiều vấn đề khác nhau. Những vấn đề này bao gồm chẩn đoán và điều trị bệnh, các cách xử lý xương gãy và trật khớp, dịch bệnh, cách giữ cơ thể khỏe mạnh, ăn thứ gì, và cách môi trường ảnh hưởng đến chúng ta. Các bài luận chuyên sâu cũng giúp các thầy thuốc biết cách cư xử với bệnh nhân cũng như với các thầy thuốc khác. Nói ngắn gọn, các bài viết trong tập văn Hippocrates có nội dung bao trùm và phản ánh y học mà người ta thực hành vào thời đó.

Niên đại của các bài luận chuyên sâu này cũng gây bất ngờ không kém gì phạm vi chủ đề được đề cập tới. Hippocrates sống vào thời trước Socrates, Plato, Arisotle, ở trên đảo Cos, một đảo nhỏ và hẻo lánh. Thật đáng ngạc nhiên khi có thứ được viết từ xưa đến vậy có thể tồn tại đến ngày nay. Thời đó, không hề có các máy in ép, và các văn tự phải được sao chép bằng tay trên giấy da, giấy cuộn, đất sét và các bề mặt khác, rồi truyền từ người này sang người khác. Mực phai mờ, chiến tranh dẫn đến phá hủy, rồi côn trùng và thời tiết cũng gây hư hại. Chúng ta nhìn chung chỉ có bản sao của các bài viết đó, được những người có hứng thú với chúng chép lại qua nhiều thế hệ sau khi các nguyên bản ra đời. Càng nhiều bản sao được làm ra, cơ hội chúng tồn tại càng cao.

Các bài viết chuyên sâu của Hippocrates đặt nền móng cho y học phương Tây, vì vậy Hippocrates vẫn giữ một vị trí đặc biệt. Ba nguyên lý phổ quát đã dẫn đường cho y học qua nhiều thế kỷ. Nguyên lý thứ nhất vẫn là nền tảng cho y học và khoa học y tế của chúng ta: niềm tin vững vàng rằng con người mắc bệnh do các nguyên nhân tự nhiên có thể được giải thích dựa trên lý trí. Trước Hippocrates, tại Hy Lạp và các vùng lân cận, người ta cho rằng bệnh tật có khía cạnh siêu nhiên. Chúng ta mắc bệnh bởi chúng ta đã xúc phạm các vị thần, hoặc một người nào đó với quyền năng siêu phàm đã giáng bùa phép lên chúng ta, hoặc không hài lòng với chúng ta. Và nếu các phù thủy, pháp sư, và các vị thần gây ra bệnh

tật, cách đối phó tốt nhất là để các thầy tế hay pháp sư tìm ra nguyên nhân bệnh tật phát sinh và cách chữa tối ưu. Nhiều người, cho đến tận ngày nay, vẫn sử dụng các phương pháp chữa bệnh bằng ma thuật, và những người chữa bệnh bằng đức tin vẫn tồn tại.

Các tác giả đóng góp vào tập văn Hippocrates không phải là các thầy chữa bệnh bằng cúng tế hay ma thuật, mà là các thầy thuốc, những người tin rằng bệnh là một sự việc tự nhiên và bình thường. Một bài luận chuyên sâu có tựa đề *Về căn bệnh thần thánh (On the Sacred Disease),* thể hiện rõ điều này. Bài luận ngắn này hướng đến chứng động kinh, một chứng rối loạn phổ biến thời xưa lẫn thời nay: người ta cho rằng cả Alexander Đại Đế lẫn Julius Caesar đều mắc chứng này. Những người mắc chứng động kinh có những cơn co giật, khi đó họ có thể mất ý thức và trải qua các cơn giật cơ, và cơ thể thì quằn quại. Đôi khi, họ tiểu tiện không tự chủ. Dần dần, cơn động kinh lắng xuống và họ lấy lại được khả năng kiểm soát cơ thể lẫn các chức năng thần kinh. Những người mắc động kinh thời nay coi nó như một phần "bình thường", tuy hơi bất tiện, của cuộc sống. Nhưng việc chứng kiến ai đó trải qua cơn co giật động kinh có thể khiến người ta cảm thấy lo ngại, và những cơn co giật vào thời xưa là điều gì đó thật bí ẩn và kịch tính đến mức người Hy Lạp cổ cho rằng chứng động kinh có nguồn gốc thần thánh siêu nhiên. Vì thế họ gọi nó là "Căn bệnh thần thánh".

Tác giả bài luận chuyên sâu *Về căn bệnh thần thánh* trong tập văn Hippocrates hoàn toàn không nghĩ như vậy. Câu mở đầu nổi tiếng của ông đã khẳng định thẳng thắn rằng, "Tôi không tin rằng 'Căn bệnh thần thánh' thần thánh hay thiêng liêng hơn bất cứ căn bệnh nào khác, mà ngược lại, nó có những đặc điểm cụ thể và căn nguyên nhất định. Tuy nhiên, bởi nó hoàn toàn khác những căn bệnh khác, nó được xem như một sự hiển linh của thần dưới góc nhìn của những con người mà, do chỉ là người bình thường, xem xét nó với sự kém hiểu biết và con mắt ngạc nhiên". Giả thuyết

của tác giả là bệnh động kinh sinh ra bởi sự tắc nghẽn dịch nhầy trong não. Giống như hầu hết các giả thuyết trong y học và khoa học, những giả thuyết hợp lý hơn đã thay thế nó. Nhưng lời tuyên bố vững vàng, rằng bạn không thể coi một căn bệnh có nguyên nhân siêu nhiên chỉ vì nó bất thường hoặc bí ẩn hoặc khó giải thích, có thể được coi là nguyên lý dẫn đường cho khoa học xuyên suốt mọi thời đại. Bây giờ chúng ta có thể chưa hiểu được nó, nhưng với sự kiên trì và chăm chỉ, chúng ta sẽ có thể. Lý lẽ này là một trong những thứ tồn tại lâu bền nhất mà những tác giả tập văn của Hippocrates đã truyền lại cho chúng ta.

Nguyên lý thứ hai của Hippocrates là cả sức khỏe lẫn bệnh tật đều sinh ra do các "thể dịch"§ trong cơ thể con người. (Có một cách nói cổ xưa là một người nào đó đang có thể dịch tốt hoặc không tốt, đồng nghĩa với tâm trạng tốt hoặc không tốt.) Ý tưởng này được trình bày rõ trong bài luận chuyên sâu *Về bản chất con người (On the Nature of Man),* có thể do con rể của Hippocrates viết. Một vài bài viết Hippocrates khác nhắc đến hai thể dịch, dịch nhầy và mật vàng, là những nguyên nhân của bệnh tật. *Về bản chất con người* bổ sung hai thể dịch khác: máu và mật đen. Tác giả lý luận rằng bốn thể dịch này đóng vai trò thiết yếu đối với sức khỏe, và khi chúng không cân bằng (khi có quá nhiều hoặc quá ít dịch này hoặc dịch khác), bệnh tật phát sinh. Hẳn bạn đã nhìn thấy dịch lỏng từ chính cơ thể mình khi bạn ốm. Khi sốt, chúng ta kết thúc cơn sốt bằng việc đổ mồ hôi; khi chúng ta bị cảm lạnh hoặc viêm phế quản, mũi chúng ta chảy nước và chúng ta ho ra đờm. Khi bụng chúng ta khó chịu, chúng ta nôn, và căn bệnh tiêu chảy cũng khiến chúng ta thải ra dịch lỏng. Một vết trầy hay vết cắt có thể khiến da chảy máu. Một hội chứng ít gặp thời nay là chứng vàng da, khi da chúng ta chuyển thành màu vàng. Chứng vàng da có thể do nhiều căn bệnh khác nhau gây ra, những bệnh này ảnh hưởng đến các cơ quan sản sinh ra các chất dịch, bao gồm bệnh sốt rét, căn bệnh phổ biến thời Hy Lạp cổ đại.

Những tác giả tập văn Hippocrates gán mỗi thể dịch này với một cơ quan trong cơ thể: máu với tim, mật vàng với gan, mật đen với lách, và dịch nhầy với não. Tác giả của *Về căn bệnh thần thánh* cho rằng nguyên nhân của bệnh động kinh là dịch nhầy bị tắc trong não. Các căn bệnh khác, không chỉ những bệnh biểu hiện rõ bằng sự thay đổi về chất dịch như cảm lạnh hay tiêu chảy, đều được gán với sự thay đổi về thể dịch. Mỗi thể dịch có tính chất riêng: máu nóng và ẩm; dịch nhầy lạnh và ẩm; mật vàng nóng và khô; mật đen lạnh và khô. Thực tế, người ta có thể thấy những loại triệu chứng này ở những bệnh nhân: khi một vết thương bị sưng tấy do máu tụ xung quanh, nó nóng, và khi sổ mũi, chúng ta *cảm thấy* lạnh và run rẩy. (Galen, người phát triển các ý tưởng của các tác giả Hippocrates vào khoảng 600 năm sau đó, cũng gán các đặc điểm nóng lạnh, ẩm, và khô này cho các đồ ăn hoặc thuốc chúng ta uống.)

Cách chữa cho tất cả các bệnh là phục hồi bất cứ trạng thái cân bằng thể dịch nào có lợi nhất cho bệnh nhân. Điều này có nghĩa, khi thực hành, y học của trường phái Hippocrates không đơn giản là việc đơn thuần tuân theo các chỉ dẫn để đưa mỗi thể dịch về "trạng thái tự nhiên" của nó. Mỗi bệnh nhân có một trạng thái cân bằng thể dịch riêng để cơ thể khỏe mạnh, vì thế thầy thuốc phải hiểu rõ về bệnh nhân: người đó sống ở đâu, ăn gì, và kiếm sống bằng công việc gì. Chỉ như thế, thầy thuốc mới có thể cho bệnh nhân biết những gì có khả năng xảy ra, nói cách khác, cho họ một *tiên lượng*. Khi chúng ta ốm, những gì chúng ta muốn biết nhất chính là ta có thể trông đợi cái gì xảy ra, và làm thế nào chúng ta có thể phục hồi. Những thầy thuốc theo trường phái Hippocrates hết sức coi trọng việc dự đoán những gì sẽ xảy ra. Việc tiên liệu đúng nâng cao danh tiếng của họ và đem đến cho họ nhiều bệnh nhân hơn.

Y học mà những người theo trường phái Hippocrates học và dạy lại cho các học trò của họ (thường là con trai hoặc con rể) dựa

trên sự quan sát kỹ lưỡng các căn bệnh và quá trình chuyển biến của chúng. Họ viết lại những kinh nghiệm của mình, thường dưới dạng các tóm tắt ngắn được gọi là "châm ngôn". *Châm ngôn* là một trong những di sản từ các thầy thuốc trường phái Hippocrates được sử dụng rộng rãi nhất bởi các thầy thuốc thời kỳ sau.

Nguyên lý quan trọng thứ ba của trường phái Hippocrates khi tiếp cận sức khỏe và bệnh tật được tóm tắt bởi cụm từ Latin *vis medicatrix naturae,* nghĩa là "năng lực phục hồi của tự nhiên". Hippocrates và những người theo trường phái của ông giải nghĩa sự chuyển động của các thể dịch khi mắc bệnh là dấu hiệu của những cố gắng của cơ thể trong việc tự phục hồi. Vì vậy, đổ mồ hôi, khạc ra đờm, nôn, hoặc mủ áp-xe được xem như việc cơ thể đang đào thải hoặc "nấu" (họ sử dụng rất nhiều phép ẩn dụ liên quan đến bếp núc) các chất dịch. Cơ thể vận động như vậy để tống khứ phần dịch thừa, hoặc điều tiết, hoặc làm tinh khiết những thể dịch xấu đã bị cơn bệnh thay đổi. Công việc của thầy thuốc, vì thế, là hỗ trợ tự nhiên trong quá trình hồi phục tự nhiên. Thầy thuốc là người hầu của tự nhiên chứ không phải ông chủ, và chu trình chuyển biến của một căn bệnh cần được tìm hiểu bằng cách quan sát sát sao tất cả những gì xảy ra khi người ta mắc bệnh. Rất lâu sau này, một bác sĩ đặt ra thuật ngữ "bệnh tự giới hạn" để chỉ xu hướng này, và chúng ta biết rằng rất nhiều bệnh tự chuyển biến theo chiều hướng tích cực. Các bác sĩ đôi khi nói đùa với nhau rằng nếu họ chữa bệnh, bệnh sẽ khỏi trong một tuần, còn nếu họ không chữa, nó sẽ khỏi trong bảy ngày. Những người theo trường phái Hippocrates hẳn sẽ đồng ý với quan điểm này.

Bên cạnh rất nhiều bài viết về y học và phẫu thuật, vệ sinh và dịch bệnh, những người theo trường phái Hippocrates còn để lại cho chúng ta Lời thề Hippocrates, đến nay vẫn là một nguồn cảm hứng cho các bác sĩ. Một phần trong văn bản ngắn này liên quan đến các mối quan hệ giữa những học trò trẻ tuổi và người thầy, và giữa các bác sĩ. Tuy nhiên, phần lớn của lời thề đề cập đến hành vi

mà bác sĩ cần tuân theo khi đối xử với bệnh nhân. Họ không bao giờ được phép lợi dụng bệnh nhân, "ngồi lê đôi mách" những câu chuyện riêng tư mà họ có thể nghe thấy từ bệnh nhân, hoặc kê thuốc độc. Tất cả những vấn đề này vẫn có ý nghĩa sống còn trong y đức thời nay, nhưng một lời khẳng định của phái Hippocrates trong lời thề này dường như có giá trị bất biến theo thời gian: *Tôi sẽ sử dụng sức mạnh của mình để giúp những người bệnh bằng tất cả năng lực và khả năng phán đoán của bản thân, tôi sẽ không dùng sức mạnh đó để làm hại hoặc có những hành động xấu với bất cứ ai.* "Không làm hại bất cứ người bệnh nào" vẫn phải là mục tiêu của mọi bác sĩ.

← Nguyên văn: "humour". Từ này có hai nghĩa: tính khí hoặc chất dịch trong cơ thể.

Chương 5

“Bậc thầy của những trí giả”

Aristotle

“Tất cả mọi người, từ bản năng, luôn khao khát được hiểu biết,” Aristotle nói. Bạn có thể đã gặp những người như vậy, luôn ham thích được học hỏi nhiều hơn nữa. Cũng có thể, bạn đã từng gặp những người-biết-mọi-thứ, những người đã đánh mất tính tò mò mà Aristotle luôn coi trọng. Quan điểm đầy hy vọng của Aristotle là con người sẽ nỗ lực tìm kiếm kiến thức về bản thân và thế giới. Chúng ta biết rằng, thật không may, không phải lúc nào câu chuyện cũng diễn ra như vậy.

Aristotle dành cả cuộc đời để học và dạy. Ông sinh năm 384 TCN, tại Stagira, Thrace (ngày nay là Khalkidhiki ở Hy Lạp). Ông là con của một thầy thuốc, nhưng từ năm lên 10 tuổi, ông được coi sóc và dạy dỗ bởi một người giám hộ tên là Proxenus. Năm 17 tuổi, Aristotle đến Athens để học tại học viện nổi tiếng của Plato. Ông ở lại đó trong 20 năm. Mặc dù cách tiếp cận thế giới tự nhiên của Aristotle hoàn toàn khác với cách của Plato, Aristotle rất yêu quý thầy ông và viết về những công trình tri thức của thầy với những lời trìu mến sau khi Plato mất năm 347 TCN. Một số người nói rằng lịch sử của triết học phương Tây thực chất là một chuỗi những lời chú giải cho Plato; ý nghĩa thực sự của phát biểu này là

việc Plato đã đưa ra nhiều câu hỏi mà các triết gia sau này vẫn phải suy tư về chúng. Bản chất của cái đẹp là gì? Chân lý, hay kiến thức là gì? Làm thế nào chúng ta có thể là người tốt? Làm thế nào chúng ta có thể tổ chức các xã hội một cách tối ưu? Ai đặt ra các luật và nguyên tắc mà chúng ta tuân theo? Trải nghiệm của chúng ta về những sự vật trong thế giới cho chúng ta biết được cái gì về bản chất "thật sự" của chúng?

Aristotle cũng bị những câu hỏi triết học này kích thích trí tò mò, nhưng ông có xu hướng giải quyết chúng theo cách mà chúng ta có thể gọi là "có tính khoa học". Ông, cũng như Plato, là một triết gia, nhưng ông là một triết gia *tự nhiên,* một khái niệm mà ngày nay chúng ta gọi là "nhà khoa học". Nhánh triết học đem lại cho ông nhiều hứng thú nhất là logic – làm thế nào chúng ta có thể tư duy rành mạch hơn. Ông luôn bận rộn với thế giới quanh ông, dưới mặt đất và trên bầu trời, và với những cách biến đổi của sự vật trong tự nhiên.

Nhiều văn bản do Aristotle viết đã thất lạc, nhưng chúng ta vẫn may mắn có được những ghi chú bài giảng của ông. Ông rời Athens sau khi Plato mất, có lẽ do ông cảm thấy mình không được an toàn với tư cách một người ngoại quốc ở đó. Ông sống một vài năm ở thành phố Assos (nay thuộc Thổ Nhĩ Kỳ), nơi ông dựng nên một ngôi trường, cưới con gái của nhà cai trị trong vùng, và, sau khi vợ ông mất, sống với một cô gái nô lệ và có với cô một đứa con trai, Nicomachos. Chính tại đây, Aristotle bắt đầu nghiên cứu sinh học, và sau này ông tiếp tục nghiên cứu khi ở trên đảo Lesbos. Năm 343 TCN, Aristotle nhận một công việc rất quan trọng: thầy riêng của Alexander Đại Đế, ở Macedonia (nay là một quốc gia độc lập nằm ở phía Bắc của Hy Lạp). Ông hy vọng có thể biến người học trò này thành một nhà cai trị nhanh nhạy về triết học, ông không thành công, nhưng Alexander đã trở thành người cai trị phần lớn thế giới được biết đến tại thời điểm đó, bao gồm cả Athens, nên Aristotle có thể an toàn quay trở lại thành phố này.

Thay vì quay trở lại Học viện của Plato, Aristotle thành lập một ngôi trường mới nằm ngay bên ngoài Athens. Nó có một lối đi công cộng (gọi là *peripatos* trong tiếng Hy Lạp), vì vậy những người theo trường phái của Aristotle được gọi là những Peripatetic, hay "những người di chuyển liên tục": một cái tên phù hợp khi mà chính Aristotle cũng luôn di chuyển từ nơi này sang nơi khác. Sau cái chết của Alexander, Aristotle mất đi sự hậu thuẫn của mình ở Athens, nên ông chuyển đi một lần cuối, đến Chalcis, ở Hy Lạp, nơi ông qua đời không lâu sau đó.

Aristotle hẳn sẽ cảm thấy khó hiểu khi được mô tả là một nhà khoa học; ông đơn giản là một triết gia theo đúng nghĩa đen của từ này: một người yêu tri thức§. Nhưng ông dành cả đời để cố gắng giải nghĩa thế giới xung quanh, và theo những phương pháp mà ngày nay chúng ta gọi là có tính khoa học. Tầm nhìn của ông về Trái Đất, những sinh vật sống trên nó và bầu trời bao quanh nó, ảnh hưởng đến hiểu biết của con người trong suốt hơn 1.500 năm. Cùng với Galen, ông đứng trên tất cả các nhà tư duy khác thời cổ đại. Ông xây dựng hiểu biết của mình trên những nền móng đã có trước đó, tất nhiên, nhưng ông không phải là một triết gia thụ động chỉ biết ngồi một chỗ. Ông thực sự tương tác với thế giới vật chất khi ông cố gắng hiểu nó.

Chúng ta có thể chia khoa học của ông thành ba phần: thế giới sống (thực vật và động vật, bao gồm con người); bản chất của biến đổi, hoặc di chuyển, phần nhiều những kiến thức này nằm trong một tác phẩm của ông mang tên *Vật lý (Physics);* và cấu trúc của bầu trời, hay mối quan hệ giữa Trái Đất với Mặt Trời, Mặt Trăng, các vì sao và các thiên thể khác.

Aristotle dành nhiều thời gian nghiên cứu cách thức thực vật và động vật hình thành và vận động. Ông muốn biết chúng phát triển thế nào trước khi được đẻ ra, nở ra, hoặc nảy mầm, và sau đó chúng sinh trưởng như thế nào. Ông không có kính hiển vi, nhưng

thị lực của ông rõ ràng rất tốt. Ông mô tả xuất sắc việc gà con lớn lên trong trứng ra sao. Sau khi một ổ trứng được đẻ ra, ông tách mở một quả mỗi ngày. Dấu hiệu đầu tiên của sự sống mà ông nhìn thấy là một vệt máu nhỏ xíu, đập phập phồng ở vị trí mà sau này sẽ trở thành tim gà con. Điều này khiến ông tin rằng tim là bộ phận chủ chốt ở động vật. Ông tin rằng tim là trung tâm của cảm xúc và của thứ mà chúng ta gọi là đời sống tinh thần. Plato (và cả những người theo trường phái Hippocrates) đã định vị những chức năng tâm lý này ở bộ não, và họ đã đúng. Tuy nhiên, khi chúng ta sợ hãi, hoặc bồn chồn lo lắng, hoặc đang yêu, tim chúng ta đập nhanh hơn, vậy nên giả thuyết của Aristotle không hề ngớ ngẩn. Ông quy các chức năng của động vật bậc cao, ví dụ như con người, cho hoạt động của một "linh hồn", thứ có rất nhiều khả năng hoặc chức năng khác nhau. Ở con người, linh hồn có sáu khả năng chính: nuôi dưỡng và sinh sản, cảm nhận, ham muốn, chuyển động, tưởng tượng và suy luận.

Tất cả sinh vật sống đều có một số khả năng trong số trên. Ví dụ, thực vật có thể lớn lên và sinh sản; côn trùng như kiến cũng có thể chuyển động và cảm nhận. Các loài động vật lớn hơm và thông minh hơn có được nhiều khả năng hơn, nhưng Aristotle tin rằng chỉ con người mới có khả năng suy luận, có nghĩa là họ có thể tư duy, phân tích, và quyết định một đường hướng hành động. Con người, vì thế, có khả năng ngồi trên đỉnh của *scala naturae* ("cán cân tự nhiên" hoặc "chuỗi sinh vật") của Aristotle. Đây là một dạng thang bậc mà trên đó mọi sinh vật có thể được sắp xếp vào vị trí phù hợp, bắt đầu với những thực vật đơn giản ở bậc dưới cùng và cứ thế xếp dần lên trên. Ý tưởng này được kế thừa hết lần này tới lần khác bởi các nhà tự nhiên học, những người nghiên cứu tự nhiên, đặc biệt là nghiên cứu thực vật và động vật. Hãy chú ý tìm điều này ở những chương sau.

Aristotle có một phương pháp hay để tìm hiểu chức năng của các bộ phận khác nhau của một loài cây hoặc một con vật, ví dụ

như lá, cánh, dạ dày, hay thận. Ông giả thiết rằng cấu trúc của mỗi bộ phận được thiết kế cho phù hợp với một chức năng riêng định sẵn. Vì thế, cánh được thiết kế để bay, dạ dày để tiêu hóa thức ăn, và thận để xử lý nước tiểu. Kiểu suy luận này được gọi là suy luận theo mục đích§, *teleological:* một *telos* là một mục đích cuối cùng, và phương pháp tư duy này tập trung vào việc các sự vật trông như thế nào hoặc làm việc gì. Hãy nghĩ về một cái cốc, hoặc một đôi giày. Chúng có được hình dạng đó bởi người làm ra chúng đã có một mục đích cụ thể trong đầu: đựng chất lỏng để uống, và để bảo vệ đôi chân khi bước đi. Suy luận theo mục đích sẽ xuất hiện ở phần sau của cuốn sách này, không chỉ trong việc giải thích tại sao cỏ cây và động vật có những bộ phận như chúng đang có, mà còn trong cả thế giới vật lý rộng lớn hơn.

Cây cỏ nảy mầm và động vật được sinh ra, chúng lớn lên rồi chết đi. Các mùa đến và đi theo chu kỳ. Nếu bạn thả một thứ gì đó, nó sẽ rơi xuống mặt đất. Aristotle muốn giải thích tất cả những thay đổi như vậy. Hai ý tưởng quan trọng của ông là "tiềm năng" và "thực tại". Các thầy cô giáo và bố mẹ có thể bảo bạn cố gắng phát huy hết tiềm năng: điều này thường đồng nghĩa với việc giành được điểm cao nhất có thể trong một bài thi, hoặc chạy nhanh nhất có thể trong một cuộc đua. Đây cũng là một phần trong tư tưởng của Aristotle, nhưng ông nhìn thấy một loại tiềm năng khác trong sự vật. Trong mắt ông, một chồng gạch có tiềm năng trở thành một ngôi nhà, và một tảng đá có tiềm năng trở thành một bức tượng. Xây dựng và điêu khắc thay đổi những vật vô tri vô giác từ một loại tiềm năng thành một loại sự vật hoàn chỉnh, hay "thực tại". Thực tại là một điểm kết thúc của tiềm năng, khi những thứ có tiềm năng tìm được "trạng thái tự nhiên" của chúng. Ví dụ, khi các vật rơi xuống, như các quả táo rơi từ một cây táo, Aristotle cho rằng chúng tìm kiếm "trạng thái tự nhiên" của chúng, ở đây là trạng thái nằm trên mặt đất. Một quả táo sẽ không tự nhiên mọc cánh và bay, vì nó và mọi vật khác trong thế giới của

chúng ta đều tìm đến mặt đất, và một quả táo bay sẽ rất không tự nhiên. Quả táo đã rơi đó có thể tiếp tục biến đổi, nó sẽ thối rữa, nếu không ai nhặt nó lên và ăn, vì đó cũng là một phần trong vòng lặp phát triển rồi phân hủy của một quả táo. Nhưng, chỉ bằng việc rơi xuống đất, nó đã đạt được một loại "thực tại". Thậm chí những con chim cũng trở về với mặt đất sau khi sải cánh bay lên bầu trời.

Nếu chốn nghỉ ngơi "tự nhiên" của vạn vật là mặt đất vững chãi, vậy Mặt Trăng, Mặt Trời, các hành tinh và các vì sao thì sao? Chúng có thể ở trên đó, như một quả táo lủng lẳng trên cành cây, hoặc một tảng đá chênh vênh ở gờ núi, nhưng chúng không bao giờ rời và va chạm vào Trái Đất. Cũng là điều tốt. Câu trả lời của Aristotle rất đơn giản. Từ Mặt Trăng trở xuống mặt đất, thay đổi luôn diễn ra: đây là vì thế giới được tạo thành từ bốn nguyên tố: lửa, không khí, đất, và nước (và đặc tính của chúng: lửa nóng và khô, không khí nóng và ẩm, đất lạnh và khô, nước lạnh và ẩm). Nhưng ở nơi xa hơn Mặt Trăng, mọi vật được tạo ra từ một nguyên tố thứ năm bất biến, gọi là *quintessence* ("yếu tố thứ năm"). Các thiên thể chuyển động vĩnh viễn theo quỹ đạo hình tròn hoàn hảo. Vũ Trụ của Aristotle có không gian hữu hạn nhưng thời gian vô hạn. Mặt Trời, Mặt Trăng, và các vì sao suốt muôn đời vẫn chuyển động quanh Trái Đất, thứ lơ lửng ở trung tâm của tất cả những thiên thể kia. Ở đây có một nghịch lý đáng yêu, vì Trái Đất, trung tâm của Vũ Trụ, lại chính là nơi duy nhất trong Vũ Trụ mà những sự biến đổi và suy vong có thể diễn ra.

Điều gì là nguyên nhân cho tất cả những chuyển động xung quanh Trái Đất của các thiên thể trên ngay từ đầu? Aristotle luôn bận tâm đến *căn nguyên.* Ông xây dựng một quy trình để cố gắng giải thích những căn nguyên bằng cách chia chúng thành bốn loại. Bốn loại căn nguyên này được gọi là căn nguyên vật chất, thể thức, hiệu quả, và tối hậu, và ông nghĩ rằng các hoạt động của con người, cũng như những gì xảy ra trong thế giới, đều có thể được phân tách và hiểu theo cách này. Hãy nghĩ về việc tạc tượng từ

một tảng đá. Chính tảng đá là căn nguyên *vật chất,* chất liệu mà từ đó tảng đá được hình thành. Người tạc tượng sắp xếp mọi thứ theo một cách nhất định và có *thể thức,* để bức tượng thành hình. Căn nguyên *hiệu quả* là hoạt động đục đẽo vào đá để tạo hình. Căn nguyên *tối hậu* là ý tưởng mà nhà điêu khắc có trong đầu, chính là hình dạng, chẳng hạn như hình một con chó hoặc một con ngựa, cũng là kế hoạch ban đầu của toàn bộ hành động.

Khoa học đã luôn đi tìm các căn nguyên. Các nhà khoa học muốn biết điều gì xảy ra và tại sao. Điều gì khiến cho một tế bào bắt đầu phân chia không ngừng, dẫn đến việc ung thư phát triển trong cơ thể một người? Điều gì khiến lá chuyển sang màu nâu, vàng, và đỏ vào mùa thu, trong khi chúng vẫn có màu xanh suốt mùa hè? Tại sao bánh mì nở khi bạn cho men vào nó? Những câu hỏi này cùng nhiều câu hỏi tương tự có thể được trả lời theo nhiều "căn nguyên" khác nhau. Đôi khi câu trả lời rất đơn giản, đôi khi chúng lại rất phức tạp. Trong hầu hết các trường hợp, các nhà khoa học đi tìm cái mà Aristotle gọi là căn nguyên hiệu quả, nhưng căn nguyên vật chất và thể thức cũng quan trọng. Những căn nguyên tối hậu lại làm nảy sinh một nhóm vấn đề khác. Trong các thí nghiệm khoa học ngày nay, các nhà khoa học thỏa mãn với việc giải thích quy trình hơn là đi tìm bất cứ lời giải thích nào lớn hơn, hay những căn nguyên tối hậu, những thứ liên quan tới tôn giáo hoặc triết học nhiều hơn.

Tuy nhiên, ở thế kỷ 4 TCN, Aristotle tin rằng những căn nguyên tối hậu này là một phần của bức tranh tổng thể. Quan sát tổng thể Vũ Trụ, ông lý luận rằng nhất định phải có một nguyên nhân tối hậu nào đó khởi động toàn bộ quy trình vận động. Ông gọi đây là "nguồn động lực bất động", và sau này nhiều tôn giáo (ví dụ: Cơ Đốc giáo, Do Thái giáo, và Hồi giáo) cho rằng năng lực này gắn liền với Thánh hay Chúa của họ. Đây là một lý do khiến Aristotle tiếp tục được tôn vinh là một nhà tư duy đầy quyền lực. Ông tạo ra một thế giới quan thống trị khoa học trong gần 2000 năm.

← Từ triết học trong nguyên bản tiếng Anh là “philosophy”. Gốc của từ này là từ “philosophia” trong tiếng Hy Lạp. “Philosophia” được ghép từ 2 phần: “philos” (yêu) và “sophia” (tri thức). ← “Teleological reasoning” còn được gọi là “mục đích luận”.

Chương 6

Thầy thuốc của hoàng đế

Galen

Galen (129–khoảng 210) rất thông minh và cũng không ngại nói ra điều này. Ông liên tục ghi chép, và những bài viết của ông chứa đầy những quan điểm và thành tựu của chính ông. Số bài viết của ông còn lưu truyền đến tận ngày hôm nay nhiều hơn hẳn bài viết của các tác giả thời cổ đại khác, cho thấy mọi người đánh giá rất cao các công trình của ông. Có hai mươi cuốn sách dày cộp mà bạn có thể đọc, và trên thực tế ông đã viết ra nhiều hơn thế. Vì vậy chúng ta biết về Galen nhiều hơn hầu hết những nhà tư tưởng thời cổ đại khác. Việc Galen thích viết về bản thân cũng là một việc có ích.

Galen sinh ra tại Pergamum, ngày nay thuộc về Thổ Nhĩ Kỳ nhưng trước đây nằm ở rìa Đế quốc La Mã. Cha của ông là một kiến trúc sư giàu có và thành công, người hết lòng vì đứa con trai có năng khiếu, cho Galen được hưởng sự giáo dục tốt (ở Hy Lạp), trong đó có triết học và toán học. Ai có thể biết được chuyện gì sẽ xảy ra nếu như cha ông không được báo mộng rằng con mình nhất định phải trở thành một thầy thuốc? Galen đổi hướng học tập sang y học. Sau khi cha ông mất và ông trở nên giàu có nhờ nhận phần thừa kế, Galen dành vài năm du ngoạn và học tập, dành thời gian

ở thư viện và bảo tàng nổi tiếng ở Alexandria, Ai Cập.

Quay trở lại Pergamum, Galen trở thành một thầy thuốc cho các võ sĩ giác đấu, những người được chọn để giải trí cho những công dân giàu có bằng việc đấu với nhau, hoặc đối mặt với sư tử và các loài thú dữ khác trong đấu trường. Chăm sóc họ là một công việc quan trọng, bởi những người đàn ông tội nghiệp đó cần được chữa trị tức thì giữa các buổi trình diễn để có thể tiếp tục chiến đấu. Theo lời Galen, ông cực kì thành công trong việc này. Ông hẳn đã có những trải nghiệm đầy kịch tính trong quá trình điều trị phẫu thuật các vết thương. Ông cũng tạo dựng được danh tiếng đáng kể đối với tầng lớp những người giàu có và khoảng năm 160, ông chuyển đến Rome, thủ đô của Đế quốc La Mã. Ông bắt đầu viết về giải phẫu học (môn nghiên cứu cấu trúc cơ thể của con người và động vật) và sinh lý học (môn nghiên cứu chức năng của những cấu trúc đó). Ông cũng tham gia vào một chiến dịch quân sự với Hoàng đế Marcus Aurelius. Vị hoàng đế này là tác giả của một loạt bài viết có tên *Suy ngẫm (Meditations)* và hai người đàn ông này đã thảo luận về triết học trong suốt khoảng thời gian dài của chiến dịch. Marcus Aurelius đánh giá cao Galen, và Galen hưởng lợi từ sự hậu thuẫn của vị hoàng đế. Một lượng đều đặn những bệnh nhân quan trọng được đưa đến cho Galen, và nếu những ghi chép của Galen là đáng tin cậy, thì ông luôn chữa khỏi cho họ nếu họ có khả năng qua khỏi.

Vị anh hùng trong giới y học của Galen là Hippocrates, mặc dù Hippocrates đã qua đời hơn 500 năm trước đó. Galen cho rằng mình đang hoàn thiện và mở rộng di sản của người thầy Hippocrates, và theo nhiều cách khác nhau, đó chính xác là những gì Galen đã làm. Ông đã cho ra đời hàng hoạt bình luận về nhiều bài viết của những người theo trường phái Hippocrates, và cho rằng những bài viết phù hợp nhất với quan điểm của mình được chính Hippocrates viết. Những bình luận của ông về Hippocrates vẫn có giá trị cho đến nay, không chỉ bởi Galen là một bậc thầy

xuất sắc trong việc sử dụng ngôn ngữ, tinh nhạy với sự thay đổi trong ngữ nghĩa. Quan trọng hơn cả, Galen áp dụng hệ giả thuyết về thể dịch của trường phái Hippocrates vào một dạng thức được sử dụng trong suốt hơn một nghìn năm. Hãy hình dung thứ gì có tầm ảnh hưởng đến như vậy!

Ý tưởng về sự cân bằng và bất cân bằng của các thể dịch cũng là cốt lõi trong y thuật của Galen. Giống Hippocrates, ông tin rằng bốn thể dịch, bao gồm máu, mật vàng, mật đen và dịch nhầy, cũng có các tính chất nóng và lạnh, khô và ướt theo các cách đặc biệt. Để chữa một căn bệnh, người ta cần chọn phương pháp chữa trị "đối nghịch", nhưng có cùng cường độ. Vì thế, những căn bệnh nóng và ẩm ở mức độ 3, sẽ được chữa bởi một phương pháp lạnh và khô ở mức độ 3. Ví dụ, nếu bệnh nhân sổ mũi và cảm thấy lạnh, khô, những loại thuốc và thức ăn nóng sẽ được dùng. Bằng cách cân bằng lại các thể dịch, người ta có thể phục hồi trạng thái "trung tính" khỏe mạnh. Điều này rất đơn giản và logic, nhưng trên thực tế mọi thứ phức tạp hơn. Các thầy thuốc vẫn cần biết rất nhiều về bệnh nhân, và cho bệnh nhân tiếp nhận liệu pháp một cách thận trọng. Galen luôn nhanh nhạy trong việc chỉ ra khi nào các thầy thuốc khác làm sai (điều thường xuyên xảy ra) để mọi người biết rằng chẩn đoán và phương pháp điều trị của ông tốt hơn. Ông là một thầy thuốc sắc sảo được rất nhiều người cần đến, cực kỳ chú ý đến cả hai khía cạnh tinh thần và thể chất của sức khỏe và bệnh tật. Ông từng chẩn đoán một ca bệnh "tương tư", khi một tiểu thư trẻ trung trở nên yếu ớt và bồn chồn mỗi khi một nam vũ công đẹp trai biểu diễn trong thành phố.

Galen nghĩ ra phương pháp bắt mạch bệnh nhân, một phương pháp mà các bác sĩ ngày nay vẫn sử dụng. Ông viết một bài luận chuyên sâu về việc nhịp mạch đập, chậm hay nhanh, mạnh hay yếu ớt, ổn định hay không ổn định có thể trở nên hữu ích như thế nào khi chẩn đoán bệnh tật, mặc dù ông không hề biết gì về sự tuần hoàn của máu.

Galen chú ý đến giải phẫu học hơn những người theo trường phái Hippocrates. Ông mổ xác động vật chết và quan sát kĩ lưỡng các bộ hài cốt người ở bất cứ nơi nào ông có thể. Ở các xã hội cổ đại, mổ xác người là việc không thể chấp nhận được, nên Galen không thể nào làm việc đó, mặc dù chúng ta tin rằng một vài thầy thuốc ở thời kỳ trước đó có thể đã được phép kiểm tra cơ thể của những tội phạm đã bị kết án ngay khi những tội phạm này còn sống. Galen học về giải phẫu cơ thể người thông qua việc mổ xẻ cơ thể động vật, ví dụ như lợn và khỉ, và qua cả những dịp may mắn như tìm thấy một cơ thể người đang phân hủy, hoặc những vết thương quá nặng cho phép ông nhìn thấy cấu trúc da, cơ bắp, và xương. Các nhà khoa học hiện nay vẫn sử dụng động vật trong nghiên cứu của họ, nhưng họ phải cẩn thận khẳng định rõ họ lấy thông tin từ đâu. Galen thường quên đề cập là thông tin ông lấy được từ đâu, nên có thể gây lúng túng.

Giải phẫu học, đối với Galen, tự nó đã là một môn quan trọng, nhưng nó cũng là phần thiết yếu để hiểu các bộ phận bên trong cơ thể thực sự có chức năng gì. Một trong những bài viết chuyên sâu có sức ảnh hưởng lớn nhất của ông có tên là *Về chức năng của các bộ phận (On the Uses of the Parts),* xem xét cấu trúc của các "bộ phận", hay các cơ quan nội tạng, và vai trò của chúng trong cơ chế vận hành của cả cơ thể con người. Galen, cũng giống như bạn sẽ làm, cho rằng mỗi bộ phận nhất định có một tác dụng nào đó, nếu không nó đã không tồn tại. (Tôi ngờ rằng ông chưa bao giờ nhìn thấy ruột thừa của con người. Phần nhỏ xíu đó của cơ quan tiêu hóa rất có thể đã giúp con người ở thời xưa rất xưa tiêu hóa thực vật, tuy nhiên ngày nay nó không còn bất cứ chức năng nào nữa.)

Nằm ở trung tâm của tất cả chức năng cơ thể con người là một chất mà người Hy Lạp cổ gọi là *pneuma.* "Pneuma" là một từ rất khó dịch sang tiếng Anh: chúng ta có thể sử dụng từ "linh hồn" nhưng nó cũng mang cả ý niệm "không khí"; nó là nguồn gốc của rất nhiều thuật ngữ y học thời hiện đại, như "pneumonia" tức

viêm phổi. Đối với Galen, cơ thể chứa ba loại pneuma, và việc hiểu được chức năng của từng loại là căn bản để hiểu được cách cơ thể vận hành. Loại pneuma cơ bản nhất được cho là gắn với gan, và liên quan đến dinh dưỡng. Galen tin rằng gan có khả năng hút nguyên liệu từ dạ dày sau khi chúng được ăn và tiêu hóa, biến chúng thành máu rồi hòa linh hồn "tự nhiên" vào đó. Lượng máu này từ gan sẽ lưu thông qua các mạch máu đi khắp cơ thể, để nuôi dưỡng cơ bắp và các cơ quan khác.

Một phần lượng máu này lưu thông từ gan qua một mạch máu lớn, *tĩnh mạch chủ,* tới tim, nơi chúng được tinh lọc thêm bằng một linh hồn khác, linh hồn "sống". Tim và hai lá phổi làm việc cùng nhau trong quá trình này, một phần máu lưu thông qua động mạch phổi (đi từ bên phải tim) vào phổi. Tại đó, máu nuôi dưỡng phổi, đồng thời trộn với không khí chúng ta hít vào qua phổi. Trong khi đó, một lượng máu trong tim chuyển từ bên phải sang bên trái thông qua một bộ phận ở chính giữa tim (vách ngăn). Lượng máu này có màu đỏ tươi, và Galen nghĩ rằng đó là bởi nó có linh hồn sống hòa quyện bên trong. (Galen nhận ra rằng máu ở động mạch có màu khác với máu ở tĩnh mạch.) Từ bên trái của tim, máu được chuyển ra qua động mạch chủ, động mạch lớn đưa máu từ tâm thất trái, để sưởi ấm cả cơ thể. Mặc dù đánh giá cao tầm quan trọng của máu đối với cuộc sống một con người, Galen không hề nhận ra rằng máu *tuần hoàn,* như William Harvey đã khám phá ra gần 1.500 năm sau đó.

Theo hệ thống quan điểm của Galen, một phần máu từ tim cũng lưu thông lên não, nơi nó hòa trộn với loại pneuma thứ ba, linh hồn "động vật". Đây là loại linh hồn tinh khiết nhất. Nó cho bộ não những chức năng riêng đồng thời cũng truyền đi trên các sợi dây thần kinh, cho phép con người chuyển động bằng cơ bắp và cảm nhận thế giới bên ngoài bằng các giác quan.

Hệ thống linh hồn gồm 3 phần của Galen, trong đó mỗi linh hồn

gắn với một cơ quan nội tạng quan trọng (gan, tim, não), được chấp nhận trong hơn một nghìn năm. Cần nhớ rằng Galen sử dụng hệ thống này chủ yếu để giải thích cách cơ thể vận hành khi con người khỏe mạnh. Khi ông chữa cho các bệnh nhân, ông tiếp tục đưa vào hệ thống thể dịch do những người theo phái Hippocrates nghĩ ra.

Galen cũng viết về hầu hết các khía cạnh khác của y học, như thuốc và đặc tính của chúng, các căn bệnh ở các cơ quan đặc biệt như phổi, vệ sinh, hoặc cách giữ gìn sức khoẻ, và mối quan hệ giữa tâm trí và cơ thể. Tư duy của ông rất sắc sảo. Thực chất, ông cho rằng một thầy thuốc phải vừa là một triết gia, vừa là một điều tra viên: một người tư duy và một người thực nghiệm. Ông lý luận rằng y học trên hết cần là một bộ môn khoa học lý tính, và ông quan tâm nhiều đến việc làm thế nào để có được kiến thức tốt và đáng tin cậy. Những thầy thuốc hay bác sĩ thời sau, những người cũng coi bản thân là nhà khoa học uyên bác, ưa thích sự hòa trộn giữa những lời khuyên có tính thực tế (dựa trên kinh nghiệm sâu rộng của ông) và tư duy rộng mở của Galen. Trong cả lịch sử loài người, không một thầy thuốc phương Tây nào khác có thể tạo ra ảnh hưởng kéo dài đến vậy.

Có một vài lý do giải thích tầm ảnh hưởng xuyên thời đại của Galen. Thứ nhất, ông đã luôn đánh giá cao Aristotle, do đó hai người thường xuyên được cùng nhắc đến. Giống Aristotle, Galen là một người có tư duy sâu sắc và cũng là một người khám phá thế giới đầy nhiệt huyết. Cả hai đều tin rằng thế giới này được thiết kế, và đều tôn vinh Đấng Thiết kế. Galen không theo Cơ Đốc giáo, nhưng ông tin vào một Thượng đế duy nhất, và những nhà bình luận theo Cơ Đốc giáo thủa ban đầu dễ dàng xếp ông vào nhóm các con chiên Cơ Đốc giáo. Ông tự tin rằng mình có câu trả lời cho tất cả mọi thứ. Giống đa số những người viết nhiều cuốn sách trong suốt một khoảng thời gian dài, không phải lúc nào ông cũng giữ một quan điểm kiên định, nhưng những quan điểm của ông luôn

luôn rõ ràng. Ông thường được người đời sau nhắc đến với cái tên "Galen thần thánh", một danh hiệu mà ông hẳn sẽ rất tự hào.

Chương 7

Khoa học trong thế giới Hồi giáo

Galen không còn sống để chứng kiến sự suy tàn của Đế quốc La Mã, nhưng đến năm 307 nó đã bị chia làm hai. Vị hoàng đế mới, Constantine (280–337), chuyển kinh đô sang phía Đông – đến Constantinople, nay là Istanbul thuộc Thổ Nhĩ Kỳ. Nơi đó, ông sẽ được ở gần miền Đông của Đế quốc hơn, những vùng đất mà ngày nay chúng ta gọi là Trung Đông. Việc học tập và kiến thức tinh hoa vốn bị giới hạn trong những bản thảo tiếng Latin và tiếng Hy Lạp, cùng với những học giả có khả năng nghiên cứu chúng, bắt đầu chuyển dịch về phía Đông.

Một tôn giáo mới nổi lên ở vùng Trung Đông: Hồi giáo, tuân theo những lời giáo huấn của nhà tiên tri vĩ đại Muhammad (570–632). Hồi giáo sau này thống trị phần lớn lãnh thổ Trung Đông và Bắc Phi, và thậm chí còn vươn đến Tây Ban Nha và Đông Á, nhưng trong hai thế kỷ sau khi Muhammad qua đời, tôn giáo mới này chủ yếu bị kìm hãm bên trong Baghdad và những khu định cư ở vùng đó. Tất cả các học giả Hồi giáo học kinh Qur'an, văn bản tôn giáo quan trọng nhất của Hồi giáo. Tuy nhiên, nhiều người trong số họ cũng hứng thú với những bản thảo được mang đến sau khi Rome bị tấn công vào năm 455. Một "Ngôi nhà Tri thức" được dựng lên ở Baghdad, động viên những nam thanh niên nhiều tham vọng

tham gia vào công việc dịch thuật và nghiên cứu những bản thảo cổ xưa này.

Nhiều bản thảo cổ vẫn được viết bằng tiếng Hy Lạp hoặc tiếng Latin, nhưng những bản thảo khác đã được dịch sang các ngôn ngữ của vùng Trung Đông. Các công trình của Aristotle, Euclid, Galen và những nhà tư duy Hy Lạp cổ đại khác đều được dịch, một việc rất có ích, bởi một số bản thảo gốc đã biến mất sau đó. Nếu không có các học giả Hồi giáo, chúng ta có lẽ sẽ không thể biết được đến một nửa những gì chúng ta đã biết về những nhà khoa học thời cổ đại. Và không chỉ có thế, chính những bản dịch của các học giả Hồi giáo đã đặt nền móng cho khoa học và triết học châu Âu sau khoảng năm 1100.

Khoa học Hồi giáo đứng giữa Đông và Tây, cũng giống như những vùng đất Hồi giáo. Dù ở những vùng đất Hồi giáo hay ở châu Âu, người ta đều ngưỡng mộ Aristotle và Galen như thế; Aristotle trở thành một phần của triết học Hồi giáo, và Galen trở thành bậc thầy của lý thuyết và thực hành y học. Trong khi đó, những ý tưởng từ Ấn Độ và Trung Quốc lần đầu được ứng dụng ở phương Tây. Giấy từ Trung Quốc giúp việc viết sách dễ dàng hơn, mặc dù chúng vẫn cần được chép bằng tay, và các lỗi không phải là hiếm. Đến từ Ấn Độ là các con số từ 1 đến 9, ý tưởng về số 0, và nguyên tắc giữ vị trí§, tất cả được phát minh bởi các nhà toán học người Ấn Độ. Người châu Âu có thể làm toán bằng các con số La Mã, như I, II, và III, nhưng rất khó khăn, ngay cả khi đó là việc họ đã quen làm. Dùng 4×12 đơn giản hơn hẳn IV × XII, phải không? Khi những người châu Âu dịch những bản thảo Hồi giáo sang tiếng Latin, họ gọi những con số trên là số “Ả Rập”, nếu chuẩn xác, họ đáng ra phải gọi chúng là số “Ấn Độ – Ả Rập”, nhưng quả là dài dòng! Từ “đại số” – “algebra” thực chất bắt nguồn từ thuật ngữ *al-jabr,* nằm trong tiêu đề của một cuốn sách được một nhà toán học người Ả Rập sống ở thế kỷ 19 viết, sau đó được người ta dịch lại ở nhiều nơi. Sẽ có nhiều thông tin về đại số

hơn trong Chương 14.

Các học giả Hồi giáo đã có nhiều quan sát và phát hiện đáng chú ý. Nếu bạn đã từng trèo lên một ngọn núi, hoặc đến một quốc gia nào đó rất cao so với mực nước biển, bạn có thể đã trải nghiệm cảm giác khó thở bởi không khí ở đó loãng hơn. Nhưng, bạn sẽ phải trèo lên cao bao nhiêu nữa mới đến được độ cao mà ở đó bạn không thể thở nổi? Nói cách khác, chiều cao của tầng khí quyển, lớp không khí có thể thở được bao quanh Địa Cầu này, là bao nhiêu? Ibn Mu'adh, vào thế kỷ 11, đã phát hiện ra một cách rất thông minh để tìm ra đáp án. Ông suy luận rằng lúc chạng vạng, Mặt Trời đã lặn nhưng bầu trời vẫn sáng là vì những tia nắng cuối ngày của Mặt Trời được lớp hơi nước phía trên cao của tầng khí quyển phản xạ lại. (Rất nhiều học giả Hồi giáo thích thú với những trò ảo thuật như vậy của ánh sáng.) Quan sát Mặt Trời biến mất khỏi bầu trời nhanh ra sao, ông tính toán được rằng Mặt Trời vào lúc chạng vạng nằm ở góc 19 độ phía dưới đường chân trời. Từ đó, ông tính được chiều cao của tầng khí quyển là khoảng 84 kilomet, không chênh lệch quá nhiều so với chiều cao 100 kilomet mà ngày nay chúng ta cho là chính xác. Đơn giản, nhưng rất ấn tượng.

Những học giả Hồi giáo khác tìm hiểu sự phản chiếu của ánh sáng trên gương, hoặc hiệu ứng kì lạ khi ánh sáng đi qua môi trường nước. (Hãy cắm một chiếc bút chì vào một cốc nước với một nửa: trông cái bút chì như bị bẻ cong, phải không?) Đa số các triết gia Hy Lạp cổ cho rằng con người nhìn thấy sự vật nhờ có ánh sáng xuất phát từ mắt người, chạm vào vật được nhìn và phản xạ lại về mắt. Hầu hết các học giả Hồi giáo ủng hộ một quan điểm hiện đại hơn, rằng đôi mắt nhận ánh sáng từ những vật chúng ta nhìn, sau đó bộ não giải mã ánh sáng đôi mắt nhận được. Nếu không, theo những gì họ chỉ ra, tại sao chúng ta lại không thể nhìn thấy gì trong bóng tối?

Nhiều người ở Trung Đông quả thật đã nhìn trong đêm tối: những nhà thiên văn học ở đây quan sát các vì sao, và những bản đồ lẫn bảng biểu về bầu trời đêm của họ ưu việt hơn các sản phẩm của những nhà thiên văn học phương Tây. Họ vẫn nghĩ rằng Trái Đất là trung tâm của Vũ Trụ, nhưng hai nhà thiên văn học Hồi giáo, al-Tusi ở Ba Tư và Ibn al-Shatir ở Syria đã lập ra những biểu đồ và phép tính có giá trị quan trọng đối với nhà thiên văn học người Ba Lan Copernicus 300 năm sau đó.

Y học ảnh hưởng đến tư duy phương Tây nhiều hơn bất kỳ bộ môn khoa học Hồi giáo nào khác. Các cuốn sách của Hippocrates, Galen, và những thầy thuốc người Hy Lạp khác được dịch và bình luận với đầy sự ưu ái, nhưng một vài thầy thuốc Hồi giáo cũng tạo được tên tuổi cho riêng mình. Rhazes (khoảng 854–khoảng 925) – người phương Tây gọi ông như vậy – viết một vài cuốn sách quan trọng về một số bộ môn, không chỉ có y học; ông để lại một bản mô tả chính xác bệnh đậu mùa, một căn bệnh rất đáng sợ, thường giết chết những nạn nhân của nó và để lại sẹo cho những người may mắn sống sót. Rhazes đã phân biệt bệnh đậu mùa với bệnh sởi, một căn bệnh mà cả trẻ em lẫn một số người lớn đều mắc. Giống đậu mùa, bệnh sởi gây ra phát ban và sốt cao. Ngày nay, bệnh đậu mùa đã hoàn toàn biến mất, nhờ một chiến dịch tiêm chủng quốc tế do Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) dẫn đầu. Ca bệnh cuối cùng được ghi nhận năm 1977: Rhazes hẳn sẽ rất hài lòng về việc này.

Avicenna (980–1037) là thầy thuốc Hồi giáo có ảnh hưởng nhất. Giống nhiều học giả Hồi giáo xuất sắc khác, ông dành thời gian cho nhiều lĩnh vực: không chỉ y học, mà còn cả triết học, toán học và vật lý học. Với tư cách một nhà khoa học, Avicenna phát triển quan điểm về ánh sáng của Aristotle, và chỉnh sửa một số luận điểm của Galen. Cuốn sách *Tiêu chuẩn y học (Canon of Medicine)* là một trong những cuốn sách tiếng Ả Rập đầu tiên được dịch sang tiếng Latin, và được dùng làm sách giáo khoa tại nhiều trường y ở

châu Âu trong suốt gần 400 năm. Nó vẫn được sử dụng ở một số nước Hồi giáo thời nay, và điều này thật đáng buồn, vì kiến thức trong đó đã lỗi thời.

Trong suốt hơn 300 năm, những công trình khoa học và triết học quan trọng nhất được thực hiện tại những đất nước Hồi giáo. Khi châu Âu say ngủ, Trung Đông (và phần Tây Ban Nha theo Hồi giáo) vẫn đang tất bật. Những nơi quan trọng nhất là Baghdad, Damascus, Cairo, và Cordoba (ở Tây Ban Nha). Những thành phố này có chung một đặc điểm: những nhà cai trị được khai sáng tỏ ra coi trọng và thậm chí tài trợ việc nghiên cứu, và khoan dung với các học giả thuộc mọi nhóm tôn giáo và tín ngưỡng. Vì vậy, người theo Cơ Đốc giáo, người Do Thái, và người theo Hồi giáo đều đóng góp vào sự phát triển này. Không phải nhà cai trị Hồi giáo nào cũng cảm thấy hạnh phúc khi tri thức có thể đến từ bất cứ nguồn nào; một số người vẫn tin rằng kinh Qur'an chứa đựng tất cả những gì mà một người cần biết. Tình trạng căng thẳng này vẫn còn tiếp diễn cho đến ngày nay. Khoa học vẫn luôn phát triển mạnh mẽ nhất ở những nền văn hóa cởi mở đón nhận những điều mới mẻ, vì việc khám phá thế giới có thể mang đến những bất ngờ.

← Nguyên văn: place-holding. Ví dụ: trong số 123, 1 giữ vị trí hàng trăm, 2 giữ vị trí hàng chục, 3 giữ vị trí hàng đơn vị.

Chương 8

Từ trong tăm tối

Chúng ta luôn trông đợi các nhà khoa học tìm ra những thứ mới, và trông đợi khoa học liên tục biến đổi. Nhưng khoa học sẽ trở thành thế nào nếu chúng ta nghĩ rằng mọi thứ đều đã được khám phá? Khi đó, là một nhà khoa học hàng đầu có thể chỉ có nghĩa là đọc về những khám phá khoa học của người khác.

Tại châu Âu, quan điểm phản tiến bộ này trở thành tiêu chuẩn chung sau sự sụp đổ của Đế quốc La Mã vào năm 476. Đến thời điểm đó, Cơ Đốc giáo đã trở thành tôn giáo chính thức của Đế quốc (Constantine là hoàng đế đầu tiên cải giáo sang Cơ Đốc giáo), và chỉ có một cuốn sách là quan trọng: Kinh Thánh. Thánh Augustine (354–430), một trong những nhà tư duy theo Cơ Đốc giáo có ảnh hưởng lớn nhất, đã nói rằng: “Chân lý nằm ở những gì Chúa tiết lộ chứ không phải ở những gì loài người mò mẫm đoán”. Không có chỗ nào cho những nhà khoa học “mò mẫm” kiến thức, những người thời cổ xưa đã khám phá ra tất cả những gì đáng để biết trong khoa học và y học. Bên cạnh đó, tập trung tìm cách vươn đến Thiên Đàng và tránh xa Địa Ngục là việc quan trọng hơn nhiều ở thời kỳ đó. Trở thành “nhà khoa học” có thể chỉ đồng nghĩa với việc nghiên cứu Aristotle và Galen. Và trong 500 năm, từ khoảng năm 500 đến năm 1000, ngay cả những nghiên cứu như

vậy cũng khó khăn, bởi họ chỉ tiếp cận được rất ít văn bản tiếng Hy Lạp và Latin thời cổ đại. Cũng không có nhiều người biết đọc.

Tuy nhiên, các bộ tộc German, những người đã cướp bóc Rome năm 455, cũng mang đến một số thứ hữu dụng. Tập tục mặc quần dài thay vì áo toga dài của người La Mã (mặc dù phụ nữ phải chờ thêm một thời gian nữa) là một trong những thứ đó. Các loại cây lương thực lấy hạt như lúa mạch và lúa mạch đen, cùng tập tục ăn bơ thay vì dầu olive cũng là những thứ hữu dụng người German mang đến. Trong nửa thiên niên kỷ "đen tối" đó, vẫn có những sáng tạo công nghệ: những phương pháp canh tác và cày bừa mới. Việc xây dựng các nhà thờ nhỏ và nhà thờ chính tòa cũng khuyến khích các nghệ nhân và kiến trúc sư thể nghiệm những phong cách mới, và tìm ra những cách tốt hơn để phân phối sức nặng của đá và gỗ. Điều này đồng nghĩa với việc họ có thể xây dựng những nhà thờ chính tòa hoành tráng và nguy nga hơn hẳn nhà thờ các thời kỳ trước, mà một vài trong số những công trình này vẫn khiến người ta kinh ngạc. Chúng là những lời nhắc nhở rằng giai đoạn đôi khi được gọi là "Thời kỳ Đen tối" không hoàn toàn mất đi ánh sáng.

Tuy nhiên, đến thiên niên kỷ thứ hai của kỷ nguyên Cơ Đốc giáo, tốc độ khám phá tăng lên. Thánh Thomas Aquinas (khoảng 1225–1274) là nhà thần học vĩ đại nhất thời Trung cổ. Ông vô cùng ngưỡng mộ Aristotle, và ông lồng những tư tưởng Cơ Đốc giáo với khoa học và triết học của Aristotle. Aristotle, cùng với Galen, Ptolemy và Euclid, đã định hình trí tuệ thời Trung cổ. Những văn bản của họ phải được dịch, biên tập, và bình luận. Ban đầu, đa phần những hoạt động này diễn ra trong các tu viện, nhưng dần dần chúng chuyển đến các trường đại học đầu tiên, cũng được thành lập trong giai đoạn này.

Người Hy Lạp có hai ngôi trường: Aristotle học tập tại trường của thầy ông, Học viện Plato, và về sau lập ra trường của riêng

ông. Ngôi nhà Trí tuệ ở Baghdad cũng là một nơi mọi người cùng đến để học và nghiên cứu. Nhưng những trường đại học mới ở châu Âu không giống như vậy, và hầu hết các trường đại học này vẫn tồn tại cho đến nay. Rất nhiều trường đại học do Giáo Hội thành lập, nhưng lòng tự hào cộng đồng và những nhà quyên góp giàu có cũng giúp một số thị trấn và thành phố lập ra các trường đại học riêng. Giáo Hoàng cho phép thành lập một số trường đại học ở miền Nam nước Ý. Đại học Bologna (thành lập khoảng năm 1180) là đại học đầu tiên mở cửa, nhưng chỉ trong vòng một trăm năm sau đó, các trường đại học đã được mở ở Padua, Montpellier, Paris, Cologne, Oxford, và Cambridge. Cái tên "đại học" bắt nguồn từ một từ Latin có nghĩa "toàn bộ", và những ngôi trường này được kì vọng sẽ bao quát được toàn bộ tri thức của loài người. Chúng thường có bốn trường, hoặc "khoa": Thần học, tất nhiên rồi (Aquinas gọi thần học là "nữ hoàng của các môn khoa học"), Luật, Y học, và Nghệ thuật. Các khoa Y ban đầu hầu như chỉ dựa trên các công trình của Galen và Avicenna. Các sinh viên y khoa cũng nghiên cứu chiêm tinh học, do một niềm tin phổ biến rằng sức mạnh của các vì sao ảnh hưởng đến con người, theo chiều hướng tốt hoặc xấu. Toán học và thiên văn học, những bộ môn mà chúng ta cho rằng có tính khoa học rất cao, lại được dạy trong khoa nghệ thuật. Các công trình đồ sộ và đa dạng của Aristotle được nghiên cứu ở tất cả các khoa.

Nhiều "nhà khoa học" ở thời Trung cổ là thầy thuốc hoặc mục sư, và đa số họ làm việc trong những trường đại học mới. Các khoa Y cấp cho sinh viên của họ bằng tốt nghiệp, Bác sĩ Y khoa (MD) hoặc Cử nhân Y khoa (MB), và điều này về sau giúp phân biệt những bác sĩ này với những nhà phẫu thuật, dược sĩ, và những người hành nghề y nhưng học nghề theo những cách khác. Giáo dục đại học không hẳn khiến những thầy thuốc này hứng thú hơn với việc khám phá những kiến thức mới (họ thích dựa dẫm vào Galen, Avicenna, và Hippocrates hơn). Nhưng từ khoảng năm

1300, các giáo viên môn giải phẫu học bắt đầu mổ thi thể người để cho sinh viên nhìn thấy các cơ quan nội tạng và các cuộc khám nghiệm tử thi đôi khi được thực hiện trên cơ thể những người thuộc hoàng gia, hoặc khi có nghi ngờ về nguyên nhân cái chết (hoặc cả hai). Nhưng tất cả những điều này không hẳn giúp các thầy thuốc nâng cao khả năng chữa bệnh, đặc biệt là những căn bệnh càn quét qua các cộng đồng.

Cái chúng ta ngày nay gọi là Cái Chết Đen, một dạng dịch hạch, đến châu Âu lần đầu tiên vào những năm 1340. Có khả năng cao nó bắt nguồn từ châu Á, theo những con đường giao thương, và giết chết khoảng một phần ba dân số châu Âu trong suốt ba năm hoành hành. Như thể chừng đó là chưa đủ, đại dịch quay lại 10 năm sau đó, và trong suốt 400 năm tiếp theo nó diễn ra theo chu kỳ đều đặn đến vô vọng. Một số cộng đồng lập ra các bệnh viện đặc biệt dành cho những người mắc bệnh (bệnh viện, giống như các trường đại học, là các món quà thời Trung cổ tặng chúng ta), và các Ban Y tế được thành lập ở một số nơi. Dịch hạch cũng dẫn đến việc sử dụng biện pháp cách ly trong những trường hợp bệnh được cho rằng có thể lây lan. Thuật ngữ "cách ly" – "quarantine" bắt nguồn từ con số 40 (trong tiếng Venice là *quaranta),* chính là số ngày mà một người mắc bệnh hoặc bị nghi ngờ mắc bệnh bị cô lập. Nếu hồi phục trong thời gian đó, hoặc cho thấy không có dấu hiệu nào của bệnh, người đó sẽ được trả về với cộng đồng. Nhà viết kịch William Shakespeare sinh ra tại Stratford-upon-Avon vào một năm dịch hạch ở nước Anh (1564), và sự nghiệp của ông bị gián đoạn một vài lần, khi các đợt dịch hạch khiến nhà hát phải ngừng hẳn hoạt động. Shakespeare đã viết lời thoại cho Mercutio, trong vở *Romeo và Juliet,* rằng "Cầu cho dịch hạch đến với cả hai nhà!" để chỉ trích hai gia tộc luôn gây chiến với nhau. Khán giả của Shakespeare hẳn sẽ hiểu ý ông. Hầu hết thầy thuốc cho rằng dịch hạch là một căn bệnh mới, hoặc ít ra Galen chưa bao giờ viết về nó, và vì thế họ phải tự xử lý mà không có lời khuyên nào từ

Galen: các liệu pháp bao gồm trích máu và các loại thuốc khiến bệnh nhân nôn hoặc đổ mồ hôi, cũng là những phương pháp trị liệu phổ biến cho các căn bệnh khác ở thời kỳ đó. Xét cho cùng, Galen không hẳn là biết tuốt.

Có vẻ Aristotle cũng vậy. Ý tưởng của ông về lý do một số vật chuyển động trong không khí được Roger Bacon (khoảng 1214–1294) ở Đại học Oxford, Jean Buridan (khoảng 1295–khoảng 1358) ở Đại học Paris, và một số học giả khác bàn luận rộng rãi. Nó được gọi là "vấn đề xung lực"§ và cần được giải quyết. Lấy một cây cung và một mũi tên làm ví dụ. Mũi tên bay đi vì chúng ta kéo dây cung về phía sau và nhanh tay thả ra, đẩy mũi tên bay đi trong không khí. Chúng ta đã dùng một lực và cho nó *động lượng* (một khái niệm mà chúng ta sẽ nói thêm ở phần sau cuốn sách này). Bacon và Buridan gọi đây là "xung lực", và nhận ra rằng Aristotle không có cách giải thích nào chính xác cho hiện tượng mũi tên bay xa hơn khi chúng ta kéo dây cung xa hơn về phía sau. Aristotle cho rằng quả táo rơi xuống đất bởi đó là nơi nghỉ ngơi "tự nhiên" của quả táo. Mũi tên cuối cùng cũng sẽ rơi xuống đất, nhưng Aristotle cho rằng mũi tên bay đi chỉ vì có một lực đẳng sau nó. Vậy, nếu có một lực đẳng sau mũi tên khi mũi tên rời khỏi dây cung, tại sao lực đó dường như dần mất đi?

Những vấn đề này và những vấn đề tương tự khiến người ta nghĩ rằng Aristotle đã không đúng về mọi thứ. Nicolas Oresme (khoảng 1320–1382), một giáo sĩ làm việc tại Paris, Rouen và những nơi khác ở Pháp, một lần nữa đặt câu hỏi về ngày và đêm. Thay vì Mặt Trời quay một vòng quanh Trái Đất trong 24 giờ, ông nghĩ rằng có lẽ chính Trái Đất đã quay một vòng quanh trục của chính nó trong một ngày. Oresme không nghi ngờ niềm tin của Aristotle rằng Trái Đất là trung tâm của Vũ Trụ, và Mặt Trời và các hành tinh quay quanh Trái Đất. Nhưng có thể những vòng quay đó rất chậm (có thể Mặt Trời mất đến cả một năm để quay đủ một vòng quanh Trái Đất!), trong khi đó Trái Đất, nằm ở trung tâm của

Vũ Trụ, quay nhanh quanh trục của chính nó như một con quay.

Những ý tưởng này mới, nhưng 700 năm trước người ta không hẳn cho rằng ý tưởng mới là tốt. Thay vào đó, họ thích những hệ thống rành mạch, sạch sẽ, và hoàn chỉnh. Đây là một trong những lý do nhiều học giả biên soạn những thứ mà ngày nay chúng ta gọi là các "bách khoa toàn thư": các bộ sách lớn lấy các công trình của Aristotle và các bậc thầy thời cổ đại khác và ghép chúng với nhau, tức tổng hợp chúng, thành những chỉnh thể khổng lồ. "Một chỗ cho mọi thứ, và mọi thứ đều ở đúng chỗ của chúng," đây có thể được coi là phương châm của thời kỳ này. Nhưng việc cố gắng tìm được "chỗ cho mọi thứ" đó khiến cho người ta nhận ra rằng vẫn còn những câu đố cần được giải.

← Nguyên văn bằng tiếng Anh: "impetus problem"

Chương 9

Đi tìm đá giả kim

Nếu bạn có thể biến lon Coca-Cola bằng nhôm của mình thành vàng, bạn có làm không? Bạn chắc sẽ làm việc đó, nhưng nếu tất cả mọi người đều có thể làm được như bạn, khả năng của bạn sẽ chẳng có gì đáng ngạc nhiên nữa, bởi vàng sẽ trở thành một kim loại phổ biến và không đáng giá là bao. Câu chuyện thần thoại Hy Lạp về vua Midas, người được thỏa mãn điều ước biến tất cả mọi thứ ông chạm vào thành vàng, nhắc nhở chúng ta rằng ông đã không thông minh cho lắm. Ông thậm chí còn không thể ăn bữa sáng, vì bánh mì biến thành vàng ngay khi ông chạm vào nó!

Vua Midas không phải là người duy nhất nghĩ rằng vàng đặc biệt. Loài người vẫn luôn coi trọng vàng, một phần vì màu sắc và cảm giác tuyệt diệu khi chạm vào vàng, một phần vì nó hiếm, và chỉ có các vị vua hoặc người rất giàu có mới sở hữu được vàng. Nếu bạn tìm được cách tạo ra vàng từ những chất bình thường hơn, chẳng hạn như sắt, chì, hoặc thậm chí là bạc, danh tiếng và sự giàu có chắc chắn sẽ đến với bạn.

Tạo ra vàng theo cách này là một trong những mục tiêu của một môn khoa học thời kỳ đầu, gọi là “alchemy”, giả kim thuật. Bỏ “al” ra khỏi từ này và bạn sẽ có một biến thể của từ “chemistry”, hóa học, và trên thực tế hai bộ môn này liên quan đến nhau, tuy ngày

nay chúng ta không còn gọi giả kim thuật, với tất cả những mối liên hệ đen tối của nó với niềm tin tôn giáo và phép mầu, là một môn khoa học. Tuy nhiên, trong quá khứ, giả kim thuật là một hoạt động hoàn toàn khả kính. Trong thời gian rảnh rỗi, Isaac Newton (Chương 16) cũng vùi đầu trong nghiên cứu giả kim thuật, mua rất nhiều bàn cân, những bình và ống thủy tinh hình dạng kì lạ, và các dụng cụ khác. Nói cách khác, ông tạo ra một phòng thí nghiệm giả kim thuật.

Bạn có thể đã từng vào một phòng thí nghiệm, hoặc ít ra nhìn thấy nó trong tranh ảnh hoặc một bộ phim, từ "phòng thí nghiệm" – "laboratory" – đơn giản có nghĩa là nơi bạn "lao động" – "labour" – hay làm việc. Cách đây rất lâu, phòng thí nghiệm là nơi những nhà giả kim thuật làm việc. Giả kim thuật có một lịch sử dài, bắt đầu từ thời cổ đại ở Ai Cập, Trung Quốc và Ba Tư. Mục tiêu của những nhà giả kim thuật không phải lúc nào cũng là chuyển những nguyên liệu có giá trị thấp hơn (nguyên liệu "cơ bản") thành vàng: họ còn muốn sử dụng quyền năng đối với tự nhiên, muốn có khả năng kiểm soát những sự vật xung quanh chúng ta. Giả kim thuật thường bao gồm cả việc sử dụng ma thuật: đọc thần chú, hoặc đảm bảo rằng bạn thực hiện các công việc theo một trình tự chính xác. Các nhà giả kim thuật làm thí nghiệm với các chất để xem chuyện gì xảy ra khi hai chất được trộn với nhau hoặc được làm nóng. Các nhà giả kim thuật thích làm việc với các chất có phản ứng mạnh mẽ, ví dụ như phốt-pho hoặc thủy ngân. Điều này có thể nguy hiểm, nhưng cứ thử tưởng tượng phần thưởng bạn sẽ thu được nếu bạn tìm được công thức kết hợp chính xác các thành phần với nhau để tạo ra "đá giả kim". "Hòn đá" này (thực ra, nếu tồn tại, nó sẽ là một hóa chất đặc biệt) sẽ biến chì hoặc thiếc thành vàng, hoặc giúp bạn có được cuộc sống vĩnh hằng. Giống như trong truyện *Harry Potter*.

Những chuyến phiêu lưu của Harry Potter mang lại niềm vui, nhưng chúng diễn ra trong một thế giới tưởng tượng. Những sức

mạnh mà các nhà giả kim thuật và pháp sư ở thế giới thực mơ tưởng đến lại không thể nào có thật trong đời thực, ngay cả trong cuộc đời của các nhà giả kim thuật, và rất nhiều nhà giả kim thuật thực chất là những gã lừa bịp, giả vờ làm được những điều mà mình thực chất không thể. Nhưng nhiều nhà giả kim thuật khác lại là những người lao động trung thực, sống trong một thế giới riêng của họ, nơi mọi thứ dường như đều có thể xảy ra. Trong quá trình nghiên cứu, họ khám phá ra rất nhiều kiến thức thuộc bộ môn mà ngày nay ta gọi là hóa học. Chẳng hạn, họ biết về phép chưng cất, nghệ thuật đun nóng một hỗn hợp và thu hồi những chất còn sót lại từ hỗn hợp đó ở những thời điểm đun nóng khác nhau. Các đồ uống có cồn mạnh như rượu brandy và rượu gin được sản xuất bằng phương pháp chưng cất, một phương pháp người ta cô đặc cồn. Chúng ta gọi chúng là “spirit” – rượu mạnh, từ này cũng được dùng để chỉ những hồn ma, hoặc chỉ trạng thái tràn đầy năng lượng và cảm hứng của chính chúng ta. Nó có gốc là từ *spiritus* trong tiếng Latin, vừa có nghĩa là “thở”, vừa có nghĩa là “linh hồn”. Từ này cũng có một phần nguồn gốc từ giả kim thuật.

Đa số con người trước đây tin vào ma thuật và ngày nay vẫn có một số người như vậy). Nhiều học giả nổi tiếng trong quá khứ cũng dùng những nghiên cứu về các bí mật tự nhiên của họ để giải thích các thế lực ma thuật. Một người đàn ông phi thường đã nghĩ rằng mình có sức mạnh thay đổi toàn bộ việc nghiên cứu khoa học và hành nghề y. Tên đầy đủ của ông rất dài: Theophrastus Philippus Aureolus Bombastus von Hohenheim. Thử đọc thật nhanh cái tên này, và có thể bạn sẽ nhận ra tại sao ông muốn đổi tên mình thành cái tên mà ông được người ta biết đến ngày nay: Paracelsus.

Paracelsus (khoảng 1493–1541) sinh ra ở Einsiedeln, một thị trấn nhỏ miền núi của Thụy Sỹ. Cha của ông là một thầy thuốc, đã dạy ông về thế giới tự nhiên, về khai mỏ và khoáng sản, thực vật và y học. Ông được nuôi dạy như một người theo Công giáo La

Mã, nhưng lớn lên trong thời kỳ của Martin Luther và Cải cách Tân giáo, và ông có nhiều bạn bè và người ủng hộ theo Tân giáo lẫn Công giáo La Mã. Ông cũng có nhiều kẻ thù. Ông từng học cùng một vài giáo sĩ quan trọng, và mặc dù Paracelsus rất sùng đạo, đức tin của ông, giống như tất cả mọi thứ khác liên quan đến ông, thực sự có một không hai, nó dựa trên hóa học.

Paracelsus nghiên cứu y học ở Ý, và di chuyển không ngừng nghỉ từ nơi này sang nơi khác. Ông du ngoạn khắp châu Âu, có thể đã đến Anh, và chắc chắn đã đặt chân đến Bắc Phi. Ông làm việc với tư cách một nhà phẫu thuật và một thầy thuốc thông thường, chữa bệnh cho nhiều bệnh nhân giàu có và quyền lực, và có vẻ đã rất thành công trong nghề. Tuy nhiên, trông ông không bao giờ giống một người có tiền và luôn ăn mặc rất tệ. Ông thích uống rượu ở các quán bar hay quán rượu với những người dân thường, hơn là với những người thuộc tầng lớp giàu sang, và kẻ thù của ông nói rằng ông nghiện rượu.

Paracelsus chỉ có một công việc chính thức duy nhất, ở trường đại học tại Basel, ở Thụy Sỹ quê hương ông. Ông khăng khăng giảng bài bằng tiếng Đức thay vì dùng tiếng Latin, giống như tất cả các giáo sư khác đều làm, và một trong những việc đầu tiên ông làm là đốt những cuốn sách của Galen ngay trong chợ. Ông không cần Galen, Hippocrates hay Aristotle. Ông muốn bắt đầu lại từ đầu. Ông chắc chắn rằng quan điểm của mình về Vũ Trụ là đúng, và nó không giống bất cứ quan điểm nào trước đó.

Sau khi đốt sách, ông bị buộc phải bỏ thị trấn để tiếp tục hành trình lang bạt, ở nơi này vài tháng, ở nơi kia khoảng một năm, nhưng không bao giờ ngừng nghỉ và luôn sẵn sàng gói ghém đồ đạc ít ỏi và thử đến một nơi nào đó mới. Ông thường sẽ mang theo các bản thảo của mình, đồ thí nghiệm hóa học, và thêm rất ít thứ khác. Việc di chuyển luôn rất chậm, đi bộ, cưỡi ngựa, hoặc trên xe kéo, dọc theo những con đường đầy sình lầy và nguy hiểm. Với lối

sống như vậy, việc ông có thể đạt được bất cứ thành tựu nào cũng là đáng ngạc nhiên. Trên thực tế, trong khi chữa trị cho nhiều bệnh nhân, ông cũng viết rất nhiều sách, quan sát thế giới xung quanh, và luôn làm các thí nghiệm hóa học.

Hóa học là đam mê của ông. Khi ông nói mình không cần những công trình của người xưa để dẫn đường cho các nghiên cứu của mình, ông thực sự nghĩ như vậy. Ông không coi trọng bốn nguyên tố không khí, đất, lửa và nước. Thay vào đó, đối với ông, có ba "yếu tố" cơ bản, muối, lưu huỳnh và thủy ngân, và vạn vật đều có thể được tách thành những yếu tố này. Muối cho mọi vật hình dạng, hoặc độ rắn; lưu huỳnh là lý do tại sao các vật có thể cháy; và thủy ngân khiến cho một vật có dạng lỏng hoặc khí. Paracelsus giải nghĩa những thí nghiệm của ông theo ba yếu tố này. Ông quan tâm tìm hiểu acid làm tan chảy các vật khác như thế nào, và làm sao cồn có thể đông cứng. Ông đốt các chất hóa học và cẩn thận kiểm tra thứ còn sót lại. Ông chưng cất nhiều chất lỏng khác nhau và thu thập những thứ bay ra trong quá trình này, đồng thời lưu ý những thứ còn sót lại. Nói ngắn gọn, ông dành rất nhiều thời gian cho công việc bên trong phòng thí nghiệm, tìm cách làm chủ tự nhiên.

Paracelsus tin rằng những thí nghiệm hóa học của ông sẽ giúp ông hiểu được cách thế giới vận động, và hóa học sẽ là nguồn gốc của nhiều phương pháp trị bệnh mới. Trước thời ông, phần lớn các loại thuốc mà các thầy thuốc sử dụng có nguồn gốc thực vật, và mặc dù Paracelsus đôi khi cũng sử dụng thảo dược khi hành nghề y, ông vẫn ưu tiên sử dụng các loại thuốc mà ông đã nghiên cứu trong phòng thí nghiệm để chữa bệnh. Thủy ngân là một trong những loại thuốc mà ông ưa thích nhất. Thủy ngân thực chất rất độc, nhưng Paracelsus sử dụng nó như một loại thuốc mỡ để chữa bệnh da liễu, và tin rằng nó là loại thuốc tốt nhất cho một căn bệnh đã trở nên phổ biến trên toàn châu Âu vào thời đó. Đó là bệnh giang mai, một căn bệnh thường lây lan qua con đường quan

hệ tình dục, gây ra các nốt phát ban và phỏng nước kinh khủng trên da, phá hoại mũi người bệnh, và thường giết chết họ. Một đợt dịch bệnh giang mai đã bùng phát ở Ý vào những năm 1490, gần với thời điểm Paracelsus được sinh ra, giết chết rất nhiều người. Đến khi ông trở thành thầy thuốc, bệnh giang mai vẫn lây lan rộng đến mức gần như tất cả các thầy thuốc đều đã từng có bệnh nhân mắc bệnh này (và chính không ít thầy thuốc cũng đã khổ sở với căn bệnh này). Paracelsus viết về căn bệnh mới này, mô tả nhiều triệu chứng của nó và đề xuất sử dụng thủy ngân để chữa bệnh. Mặc dù thủy ngân có thể khiến người ta rụng răng và có hơi thở hôi khủng khiếp, nó làm các vết phát ban và phỏng nước biến mất, nên các thầy thuốc đã sử dụng nó trong nhiều năm để chữa giang mai và các bệnh gây phát ban khác.

Paracelsus cũng mô tả nhiều căn bệnh khác. Ông viết về các vết thương và các căn bệnh mà những người phải làm việc dưới các hầm mỏ phải chịu đựng, đặc biệt là những căn bệnh về phổi do điều kiện làm việc kinh khủng cùng thời gian làm việc quá dài gây ra. Sự quan tâm mà Paracelsus dành cho những người thợ mỏ ở tầng lớp dưới của xã hội phản ánh cuộc đời sống giữa thường dân của ông.

Hippocrates, Galen, và những thầy thuốc khác trước Paracelsuy nghĩ rằng bệnh tật là hệ quả của sự mất cân bằng trong cơ thể. Tuy nhiên, đối với Paracelsus, bệnh tật bắt nguồn từ một thế lực bên ngoài cơ thể. “Thứ” này (ông gọi nó là *ens,* một từ Latin có nghĩa một “thực thể” hoặc “chất”) tấn công cơ thể, khiến chúng ta ốm, và tạo ra những biến đổi mà các thầy thuốc tìm kiếm như những manh mối để hiểu được bản chất căn bệnh. Ens này có thể là một cái mụn, hoặc một bọc áp-xe, hoặc một viên sỏi trong thận. Đột phá quan trọng mà Paracelsus tạo ra là việc ông đã tách biệt được bệnh nhân với căn bệnh. Rất lâu sau này, tư duy này mới được mọi người công nhận, khi người ta khám phá ra vi khuẩn.

Paracelsus muốn khởi đầu khoa học và y khoa trên một nền tảng mới mà ông tạo dựng. Ông nhắc đi nhắc lại rằng người ta không nên đọc sách mà nên tự nhìn và làm thí nghiệm. Dĩ nhiên, ông muốn người khác đọc sách ông viết, và một vài cuốn trong số đó không được xuất bản cho đến khi ông qua đời. Thông điệp thực sự của ông là "Đừng mất công đọc sách của Galen, hãy đọc sách của Paracelsus." Thế giới của ông đầy những thế lực ma thuật mà ông tin rằng ông có thể hiểu và thuần phục được với sự hỗ trợ của khoa học và y học của chính ông. Giấc mơ giả kim thuật của ông không chỉ là biến kim loại cơ bản thành vàng, chính xác hơn, ông tìm cách làm chủ tất cả những thế lực ma thuật và kì bí của tự nhiên.

Ông có một vài người học theo khi ông còn sống, và thêm rất nhiều sau khi ông mất. Họ tự xưng là Paracelsian (người theo Paracelsus) và tiếp tục cố gắng thay đổi khoa học và y học như ông đã từng làm. Họ làm thí nghiệm trong phòng thí nghiệm và sử dụng các thuốc hóa học trong quá trình hành nghề y. Giống Paracelsus, họ cố gắng kiểm soát những thế lực tự nhiên thông qua ma thuật tự nhiên.

Các Paracelsian luôn nằm ngoài dòng khoa học và y học chính thống thời bấy giờ. Đa số thầy thuốc và nhà khoa học thời đó không sẵn sàng bác bỏ những di sản của những Đấng lỗi lạc thời cổ đại. Tuy nhiên, thông điệp của Paracelsus ngày càng được nhiều người nghe theo. Người ta bắt đầu tự mình quan sát thế giới. Năm 1543, hai năm sau ngày mất của ông, hai cuốn sách được xuất bản, một cuốn về giải phẫu học, một cuốn về thiên văn học, và cả hai đều thách thức sự thống trị tri thức của các Đấng lỗi lạc thời cổ đại. Vũ Trụ khi đó được nhìn lại theo một cách hoàn toàn khác.

Chương 10

Vén màn bí mật về cơ thể con người

Nếu bạn muốn thực sự hiểu một thứ gì đó được tạo ra như thế nào, một cách hay là chia nhỏ vật đó ra, từng mảnh một. Đối với một số đồ vật, như đồng hồ hoặc ô tô, sẽ rất tốt nếu bạn đồng thời biết cả cách lắp đồ vật đó lại. Nếu thứ bạn muốn hiểu là cơ thể của người hay động vật, cơ thể ấy phải chết trước khi bạn bắt đầu, nhưng mục đích cơ bản không thay đổi.

Galen, như chúng ta đã biết, đã mổ xẻ nhiều động vật, bởi ông không thể mổ cơ thể người. Ông giả thiết rằng cấu trúc giải phẫu của lợn hoặc khỉ rất giống cấu trúc giải phẫu của con người, và ông đã đúng ở một số khía cạnh, nhưng cũng có một số điểm khác biệt. Việc mổ giải phẫu cơ thể con người bắt đầu được thực hiện không thường xuyên từ khoảng năm 1300, khi các trường y bắt đầu dạy môn giải phẫu học. Ban đầu, khi người ta nhận ra bất kỳ điểm khác biệt nào giữa những thứ họ nhìn thấy và những gì Galen nói, họ giả thiết rằng con người chỉ đơn giản là đã thay đổi, chứ không phải Galen sai! Nhưng khi họ bắt đầu quan sát kĩ càng hơn, các nhà giải phẫu học khám phá ra càng lúc càng nhiều điểm khác biệt nhỏ. Người ta dần nhận ra rằng rõ ràng còn nhiều kiến thức về cơ thể người cần được khám phá.

Người khởi đầu cuộc khám phá này là một nhà giải phẫu học và

nhà phẫu thuật, được biết đến với cái tên Andreas Vesalius (1514–1564). Tên đầy đủ của ông là Andreas Wytinck van Wesel. Ông sinh ra tại Brussels, thuộc Bỉ ngày nay, nơi cha ông làm y sĩ của Hoàng đế nước Đức Charles V. Là một đứa trẻ thông minh, ông được gửi đến Đại học Louvain để học các môn nghệ thuật, nhưng sau đó ông quyết định chuyển sang y học. Đầy tham vọng, lúc đó ông đến Paris, nơi có những giáo viên xuất sắc nhất. Tất cả những giáo viên đó đều theo Galen, và trong ba năm ở Paris, Vesalius khiến họ phải ấn tượng. Ông cũng thể hiện khả năng sử dụng tiếng Hy Lạp và Latin, và niềm say mê đối với mổ giải phẫu. Một cuộc chiến giữa Đế quốc Đức và nước Pháp nổ ra, buộc ông phải đi khỏi Paris, nhưng ông đã đưa môn mổ giải phẫu cơ thể người trở lại khoa y ở Đại học Louvain, trước khi ông chuyển đến trường y tốt nhất thế giới lúc bấy giờ, Đại học Padua ở Ý, vào năm 1537. Ông làm bài thi, đỗ với mức điểm cao nhất, và ngay hôm sau được bổ nhiệm vị trí giảng viên môn phẫu thuật và giải phẫu học. Ở Padua, người ta biết khi nào họ đang có một cuộc sống và công việc an nhàn và vừa ý: Vesalius dạy giải phẫu học thông qua những ca mổ giải phẫu của chính ông, sinh viên yêu quý ông, và ngay trong năm tiếp theo ông công bố một loạt những hình minh họa xuất sắc về giải phẫu các bộ phận cơ thể người. Chúng đẹp đến nỗi thầy thuốc trên toàn cõi châu Âu bắt đầu sao chép những hình vẽ này cho mục đích cá nhân, trước sự khó chịu của Vesalius, bởi thực chất họ đang ăn cắp sản phẩm của ông.

Mổ giải phẫu một xác người không phải là một việc dễ chịu. Sau khi chết, cơ thể con người nhanh chóng phân hủy và bốc mùi và, vào thời của Vesalius, không có cách nào để ngăn xác người phân hủy. Điều này đồng nghĩa với việc ca mổ giải phẫu phải được thực hiện nhanh, theo một trình tự cho phép người ta hoàn thành ca mổ trước khi mùi hôi trở nên quá mạnh. Phần bụng được mổ trước, bởi ruột luôn là phần thối rữa đầu tiên. Tiếp theo là đầu và não, rồi đến tim, phổi, và các bộ phận khác trong lồng ngực.

Tay chân được để lại đến cuối: chúng chậm phân hủy nhất. Cả quá trình cần được hoàn tất trong hai hoặc ba ngày, và môn giải phẫu học nhìn chung được dạy vào mùa đông, khi thời tiết lạnh giá ít nhất cũng trì hoãn được sự phân hủy và cho các thầy thuốc thêm một chút thời gian.

Các phương thức bảo quản thi thể được tìm ra vào những năm 1700, và khám phá này cho phép người ta có nhiều thời gian hơn để mổ giải phẫu và xem xét toàn bộ cơ thể. Khi còn là một sinh viên y khoa, tôi đã dành 8 tháng để mổ một thi thể, và trong những ngày tiến hành ca mổ, quần áo và móng tay tôi tỏa ra không phải là mùi của cơ thể đang phân hủy mà là mùi của các hóa chất bảo quản. Tôi mổ một cơ thể một người đàn ông lớn tuổi, và tôi dần quen với cơ thể ông trong những tháng thực hiện ca mổ. Trình tự mổ gần như giống y hệt trình tự người ta tuân theo ở thời của Vesalius, ngoại trừ việc chúng tôi mổ não cuối cùng bởi nó là một bộ phận quá phức tạp và chúng tôi được kì vọng là đến thời điểm đó đã phải khá hơn trong việc cắt tách và phơi bày những bộ phận khác nhau của cơ thể con người. Người đàn ông đó đã hiến tặng cơ thể mình cho khoa học. Ông chắc chắn đã dạy cho tôi nhiều điều.

Bất chấp yêu cầu về tốc độ, và những mùi kinh khủng mà ông phải chịu đựng, mổ giải phẫu vẫn luôn là đam mê lớn của cuộc đời Vesalius. Chúng ta không thể biết được ông đã cẩn thận mổ xẻ bao nhiêu thi thể, nhưng chắc chắn rất nhiều, bởi ông dần trở thành người hiểu biết về các bộ phận cơ thể người hơn bất cứ ai sống ở thời kỳ đó. Khoảng thời gian năm năm rưỡi, từ khi Vesalius trở thành giảng viên ở Padua đến khi ông xuất bản cuốn sách vĩ đại của mình vào năm 1543, là khoảng thời gian ông cực kỳ bận rộn. Cuốn sách của ông rất lớn, dài 40 centimet và nặng gần 2 kilogram, không phải loại sách bìa mềm mà bạn có thể tuồn vào túi để đọc trong những kỳ nghỉ xa nhà. Nó có tên *De humani coporis fabrica (Về cấu trúc của cơ thể con người),* và vẫn được biết đến

ngày nay với cái tên *De fabrica.* Cuốn sách này được minh họa rất đẹp và cực kỳ chi tiết. Vesalius đã đến Basel, Thụy Sỹ, để giám sát việc in chữ và vẽ minh họa.

Chúng ta sống trong một thế giới mà hình minh họa có mọi nơi. Máy ảnh kỹ thuật số cho phép chúng ta dễ dàng gửi ảnh cho bạn bè, và mỗi trang của tạp chí lẫn báo giấy đều có hình ảnh. Thời của Vesalius không như vậy. Máy in ép chỉ mới được phát minh chưa đến 100 năm trước đó, và các hình vẽ phải được tạo ra nhờ những khối gỗ được khắc tỉ mỉ sao cho giống hệt bản vẽ. Giống như một con dấu, những khối gỗ này sau đó được tẩm mực và ấn lên một tờ giấy.

Những hình vẽ trong sách của Vesalius khiến cho người ta phải sững sờ: chưa bao giờ cơ thể con người được minh họa chính xác hoặc chi tiết đến thế. Thậm chí ngay trong tiêu đề cũng báo cho người đọc biết điều gì đó đặc biệt sắp xảy đến. Nó mang hình vẽ cảnh giải phẫu một cơ thể phụ nữ, giữa chốn công cộng, với đám đông hàng trăm người vây quanh. Vesalius đứng ở chính giữa, bên cạnh thi hài người phụ nữ, và ông là người duy nhất nhìn thẳng vào độc giả. Những người khác trong đám đông hoặc bị thu hút bởi ca giải phẫu, hoặc đang bàn tán với người khác. Bên trái bức tranh là một con khỉ, bên phải bức tranh là một con chó, gợi cho người ta nhớ tới Galen, người đã sử dụng động vật trong các nghiên cứu giải phẫu học. Trong cuốn sách của riêng mình, Vesalius nói về cấu trúc giải phẫu của cơ thể người, từ các cơ thể người, và từ việc trực tiếp thực hiện các ca giải phẫu. Đó là một hành động gan dạ tuyệt vời của một người đàn ông trẻ còn chưa đến 30.

Nhưng khi đó Vesalius có tất cả những lý do hợp lý để tự tin. Ông biết rằng mình đã nhìn sâu vào cơ thể con người hơn bất cứ người nào. Trong số những hình ảnh xuất sắc trong cuốn sách của ông, có những bức hình minh họa các cơ, phía trước và phía sau,

và những cơ ở phần gần da người hơn còn được bóc tách đi để lộ ra những cơ nằm sâu hơn. Những "người cơ" này được đặt vào các khung cảnh, và những nhà cửa, cây cối, đá và triền đồi trong các hình minh họa đều hòa thành một thể thống nhất. Một trong những "người cơ" của Vesalius được vẽ trong tư thế bị treo cổ, như một lời nhắc rằng Vesalius thường sử dụng cơ thể những người tử tù để thực hiện giải phẫu. Thật vậy, ông từng có lần tìm thấy một người tử tù bị treo cổ, và xác của anh ta đã được chim chóc mổ và làm sạch, chỉ còn lại bộ xương. Vesalius lén lút mang từng chiếc xương về phòng để nghiên cứu chúng mà không bị ai làm phiền.

Vesalius có một họa sĩ điêu luyện làm việc cùng, dù chúng ta không biết chắc tên người này. Khoa học gắn liền với nghệ thuật ở thời kỳ này, mà chúng ta vẫn gọi là Thời kỳ Phục Hưng, "phục sinh". Nhiều họa sĩ Phục Hưng như Leonardo da Vinci (1452–1519), Michelangelo (1475–1564) và những người khác đã mổ cơ thể người để học cách vẽ chúng đẹp hơn. Thầy thuốc không phải là những người duy nhất muốn biết về cấu trúc cơ thể người.

Vesalius bị cấu trúc (giải phẫu) cơ thể người thu hút, nhưng những thi thể không còn thực hiện được bất cứ chức năng (sinh lý) nào như thở, tiêu hóa, và vận động theo cách cơ thể sống vẫn làm. Vì thế, phần viết rất dài trong cuốn sách của Vesalius là một hỗn hợp của các ý tưởng cũ và mới. Ông thường chỉ ra rằng Galen đã mô tả một số bộ phận hoặc cơ không chính xác ra sao, và ông đưa ra được mô tả đúng. Ví dụ, khi Galen mô tả gan, ông nói về gan của lợn, với năm "thùy" hay phần riêng biệt. Lá gan của con người có bốn thùy, và không tách biệt rõ ràng như thùy gan của lợn. Một vài cơ khác trên bàn tay và bàn chân người cũng khác cơ ở vị trí tương ứng của những loài động vật có họ hàng gần với chúng ta, như khỉ và khỉ không đuôi. Lý thuyết của Galen về cách máu lưu thông đòi hỏi một lượng máu nhỏ được chuyển từ bên phải sang bên trái tim; Galen cho rằng lượng máu này tràn qua các

lỗ rất nhỏ nằm trên vách ngăn giữa hai tâm thất. Vesalius đã mổ rất nhiều quả tim người và không thể tìm thấy các lỗ này. Phát hiện này của Vesalius trở nên quan trọng vài thập kỷ sau đó, khi William Harvey bắt đầu suy nghĩ về vai trò của tim và máu một cách chi tiết. Nhưng những thảo luận của Vesalius về cách cơ thể con người hoạt động vẫn sử dụng nhiều ý tưởng của Galen. Đây có lẽ là nguyên nhân khiến những hình minh họa của Vesalius được đánh giá cao hơn hẳn phần viết của ông: những bức tranh ấy nhanh chóng được sao chép và sử dụng ở khắp nơi tại châu Âu, và khiến cho Vesalius nổi tiếng (mặc dù ông không kiếm được nhiều tiền từ việc này).

Mặc dù ông vẫn sống tiếp 20 năm nữa, việc cuốn sách của ông được xuất bản vẫn là điểm sáng quan trọng trong sự nghiệp của Vesalius. Ông có xuất bản phiên bản thứ hai của cuốn sách, với một số đính chính, nhưng không lâu sau khi phiên bản đầu tiên được phát hành, ông từ bỏ công việc giảng dạy để trở thành một thái y. Ông dành thời gian chăm sóc sức khỏe cho những người giàu có và quyền lực. Có lẽ, ông nghĩ rằng ông đã nói hết những gì ông có để nói.

Ông đã nói và làm đủ nhiều để chắc chắn rằng mình được người đời sau nhớ đến. *De fabrica* vẫn là một trong những cuốn sách vĩ đại nhất mọi thời đại: một sự kết hợp của nghệ thuật, giải phẫu học, và kỹ thuật in ấn mà ngày nay ta vẫn phải ngưỡng mộ. Và cùng với nó, Vesalius đã để lại cho chúng ta hai món quà vĩnh cửu. Thứ nhất, ông cổ vũ những thầy thuốc khác tiếp tục công việc mô tả tỉ mỉ cấu trúc cơ thể người của ông. Những nhà giải phẫu học sau Vesalius đã khám phá ra những bộ phận cơ thể khác mà ông đã bỏ sót, hoặc sửa chữa những lỗi mà ông mắc phải. Sự kết hợp của phần trình bày đầy chất nghệ thuật và quá trình giải phẫu cẩn trọng mà ông khởi xướng đã động viên những người khác xuất bản những cuốn sách có minh họa cơ thể người ngay trên trang sách. Cuốn sách của Vesalius là cuốn sách đầu tiên mà

hình vẽ trong đó còn quan trọng hơn cả câu chữ, nhưng nó không phải cuốn sách cuối cùng như vậy. Những thầy thuốc cần được dạy cách quan sát những thứ trước mắt họ, và những hình vẽ là công cụ thiết yếu để giúp họ học hỏi.

Thứ hai, Vesalius đã đứng lên thách thức Galen. Ông không thô lỗ khi nói về Galen như Paracelsus, nhưng ông lặng lẽ cho người ta thấy rằng họ có thể biết nhiều hơn Galen. Ông cho thấy kiến thức có thể phát triển từ thế hệ này sang thế hệ khác. Ông giúp loài người bắt đầu một cuộc tranh luận kéo dài hơn một trăm năm. Câu hỏi để tranh luận rất đơn giản: Liệu chúng ta có thể biết nhiều hơn những Đấng lỗi lạc thời cổ đại? Trong hàng nghìn năm trước Vesalius, câu trả lời luôn là "Không." Sau Vesalius, câu trả lời dần thay đổi. Người ta bắt đầu nghĩ: "Nếu tất cả những gì đáng được biết đều đã được tìm ra, còn phải bận tâm làm gì? Nhưng nếu tôi tự mình nhìn, có thể tôi sẽ thấy điều gì đó mà chưa ai từng thấy." Vesalius đã động viên các thầy thuốc và nhà khoa học bận tâm tới việc đi tìm câu trả lời.

Chương 11

Đâu là trung tâm của vũ trụ?

Mỗi buổi sáng, Mặt Trời mọc đằng Đông, và mỗi buổi tối, nó lặn ở đằng Tây. Chúng ta có thể thấy nó di chuyển chậm rãi cả ngày, với những cái bóng của chúng ta dài hoặc ngắn, phía trước hoặc phía sau, tùy thuộc vào vị trí của Mặt Trời. Hãy thử thí nghiệm vào giữa trưa, và quan sát bóng của bạn dồn lại ngay dưới chân bạn. Không gì có thể rõ ràng hơn thế, và bởi nó diễn ra hằng ngày nên nếu bạn bỏ lỡ nó, bạn hoàn toàn có thể xem lại vào ngày hôm sau.

Mặt Trời không quay quanh Trái Đất mỗi ngày, tất nhiên, Bạn có thể hiểu được sẽ khó khăn thế nào khi phải thuyết phục mọi người rằng những gì tưởng chừng quá rõ ràng lại không phải những gì đang thực sự diễn ra. Có thể phát biểu như thế này: Trái Đất là trung tâm Vũ Trụ *của chúng ta,* vì nó là nơi chúng ta đứng khi ta quan sát Mặt Trời, Mặt Trăng và các vì sao. Nó là trung tâm của chúng ta, chứ không phải trung tâm *thực*.

Tất cả những nhà chiêm tinh học thời cổ đại đều cho rằng Trái Đất là trung tâm của Vũ Trụ. Bạn có nhớ Aristotle không? Sau ông, nhà thiên văn học người Hy Lạp có ảnh hưởng nhất, Ptolemy, xây dựng lý thuyết dựa trên việc ghi chép cẩn thận vị trí các ngôi sao trên bầu trời từ đêm này sang đêm khác, mùa này qua mùa khác, năm này qua năm khác. Ngắm nhìn những vì sao trong một đêm

trời quang đãng là một trải nghiệm mầu nhiệm, và việc có thể xác định các nhóm, hoặc "chòm" sao cũng đem lại nhiều niềm vui. Ta dễ dàng nhận biết chòm sao Lưỡi Cày và vành đai Orion nằm ở phía xa của bầu trời khi không có mây. Từ chòm Lưỡi Cày, bạn có thể tìm được sao Bắc Đẩu, và điều này giúp các thủy thủ có thể tiếp tục lái tàu theo hướng chính xác vào ban đêm.

Có nhiều điểm không hợp lý trong một mô hình Vũ Trụ mà trong đó Trái Đất là trung tâm và các thiên thể dịch chuyển quanh Trái Đất theo quỹ đạo tròn hoàn hảo. Lấy các ngôi sao làm ví dụ. Chúng từ từ thay đổi vị trí mỗi đêm. Ngày Xuân Phân, khi Mặt Trời ở ngay phía trên đường xích đạo và làm cho thời gian ngày và đêm dài bằng nhau, vẫn luôn là ngày quan trọng đối với các nhà thiên văn học, và trên thực tế, cũng quan trọng với tất cả mọi người. Ngày này thường rơi vào ngày 20 hoặc 21 tháng Ba, và ngày 21 tháng Ba được coi là ngày chính thức bắt đầu mùa xuân.§ Vấn đề nằm ở chỗ, vị trí của các ngôi sao vào những ngày Xuân Phân luôn có sự khác biệt nhỏ giữa các năm, điều không thể xảy ra nếu như chúng quay quanh Trái Đất theo quỹ đạo hình tròn hoàn hảo, Các nhà thiên văn học gọi sự khác biệt này là "tuế sai của điểm phân", và họ phải thực hiện nhiều phép tính phức tạp để giải thích tại sao tuế sai phát sinh.

Chuyển động của các hành tinh cũng là một câu đố. Khi bạn nhìn lên bầu trời đêm bằng mắt thường, các hành tinh trông như những ngôi sao sáng. Các nhà thiên văn học thời cổ đại nghĩ rằng chỉ có bảy hành tinh: Thủy Tinh, Kim Tinh, Hỏa Tinh, Mộc Tinh, và Thổ Tinh, thêm Mặt Trời và Mặt Trăng cũng được họ gọi là hành tinh. Chúng rõ ràng gần Trái Đất hơn những ngôi sao mà họ gọi là các "định tinh", hay chúng ta vẫn thường gọi là dải Ngân Hà. Việc quan sát các hành tinh làm nảy sinh nhiều vấn đề hơn các định tinh, bởi các hành tinh dịch chuyển cứ như thể chúng không quay quanh Trái Đất. Trước hết, chuyển động của chúng không có vẻ liên tục, và các hành tinh dường như có lúc dịch chuyển ngược lại

hướng đi ban đầu của chính nó. Để giải thích hiện tượng này, các nhà thiên văn học cho rằng điểm mà các hành tinh quay xung quanh thực chất không phải là trung tâm của Trái Đất. Họ gọi điểm này là "điểm đẳng thước", và khái niệm này cùng các tính toán khác cho phép các nhà thiên văn học thời cổ đại giải thích những gì họ thấy trên bầu trời đêm mà không cần phải bác bỏ hoàn toàn mô hình này. Điều này có nghĩa là họ vẫn có thể cho rằng Trái Đất nằm ở trung tâm của vạn vật và các thiên thể khác quay quanh Trái Đất.

Điều gì sẽ xảy ra nếu, thay vì đặt Trái Đất tại trung tâm của vạn vật, bạn đặt Mặt Trời vào vị trí đó, và giả thiết rằng các hành tinh (lúc này bao gồm cả Trái Đất) quay quanh Mặt Trời? Chúng ta đã quá quen thuộc với quan điểm này đến mức khó có thể nhận ra rằng giả thuyết đó thực sự là một bước tiến gây chấn động. Nó đi ngược lại những gì chúng ta thấy hằng ngày, đi ngược lại những lời dạy của Aristotle và (quan trọng hơn) lời dạy của Giáo Hội, bởi trong Kinh Thánh Joshua đã khẩn cầu Thượng Đế ra lệnh cho Mặt Trời đang di chuyển phải đứng lại. Nhưng đặt Mặt Trời ở trung tâm của vạn vật chính xác là điều mà một thầy tu người Ba Lan mang tên Copernicus đã dũng cảm làm.

Nicholas Copernicus (1473–1543) sinh và mất tại Ba Lan, nhưng ông học luật và y học ở Ý. Cha của ông mất khi Copernicus 10 tuổi, và anh trai của mẹ ông giữ trách nhiệm giáo dục cậu bé thông minh, ở Đại học Cracow, Ba Lan. Khi bác ông trở thành Giám mục của vùng Frauenburg, Ba Lan, Copernicus có được một công việc tại nhà thờ chính tòa. Công việc này cho ông một thu nhập ổn định, cho phép ông học tại Ý, và tiếp tục đam mê nghiên cứu bầu trời khi ông trở lại Ba Lan. Ông xây một tòa tháp không có mái, nơi ông có thể sử dụng các dụng cụ thiên văn của mình. Vì thời đó chưa có kính viễn vọng, những dụng cụ này đơn giản chỉ giúp ông đo các góc giữa các thiên thể với đường chân trời, và các tuần trăng. Ông cũng rất quan tâm đến các hiện tượng thiên thực, xảy

ra khi Mặt Trời, Mặt Trăng, hoặc một trong số các hành tinh chuyển động vào bóng tối của thiên thể khác và bị che khuất một phần hoặc hoàn toàn khỏi tầm nhìn của chúng ta.

Chúng ta không biết chính xác khi nào Copernicus kết luận rằng mô hình bầu trời và Hệ Mặt Trời (cái tên chúng ta sử dụng ngày nay) của ông giải thích được những gì con người đã quan sát được trong hàng nghìn năm một cách hợp lý hơn. Nhưng vào năm 1514, ông viết một bản thảo ngắn và cho một vài người bạn đáng tin cậy xem. Ông không dám công khai nó. Trong đó, ông phát biểu khá rõ ràng rằng "tâm của Trái Đất không phải là tâm của Vũ Trụ," và "chúng ta, cũng như các hành tinh khác, quay quanh Mặt Trời." Đây là những kết luận khá dứt khoát, và trong ba thập kỷ tiếp theo, Copernicus lặng lẽ nghiên cứu tiếp giả thuyết của ông rằng Mặt Trời, chứ không phải Trái Đất, là trung tâm của Vũ Trụ. Mặc dù ông dành nhiều thời gian cho việc tự mình quan sát bầu trời, việc ông làm tốt nhất lại là suy nghĩ về những gì các nhà thiên văn học khác đã nhìn thấy, về việc những điểm khó giải thích mà họ gặp phải có thể được giải quyết dễ dàng như thế nào khi đặt Mặt Trời vào trung tâm và giả thiết rằng các hành tinh quay quanh nó. Rất nhiều điều khó giải thích, ví dụ như thiên thực, hoặc chuyển động tiến và lùi kì lạ của các hành tinh, trở nên dễ hiểu. Bên cạnh đó, Mặt Trời có một vai trò quan trọng đối với đời sống loài người, cho chúng ta hơi ấm và ánh sáng, đến mức đưa nó vào vị trí trung tâm cũng là một cách để công nhận rằng thiếu Mặt Trời thì sự sống trên Trái Đất không thể diễn ra.

Mô hình của Copernicus cũng dẫn tới một hệ quả rất quan trọng khác: những ngôi sao cách Trái Đất xa hơn rất nhiều so với giả thuyết của Aristotle và các nhà tư duy thời xưa khác. Aristotle cho rằng thời gian là vô hạn nhưng không gian là hữu hạn. Giáo Hội dạy rằng thời gian có điểm khởi đầu (từ hàng nghìn năm trước, khi Chúa tạo ra mọi thứ), và không gian cũng hữu hạn, có lẽ chỉ ngoại trừ chính Thiên đường. Copernicus chấp nhận ý niệm của

Giáo Hội về thời gian và thời điểm Chúa tạo ra vạn vật, nhưng các phép đo của ông cho ông biết rằng Trái Đất gần Mặt Trời hơn nhiều so với khoảng cách từ Mặt Trời đến những ngôi sao khác. Ông cũng tính toán được khoảng cách gần đúng giữa Mặt Trời và các hành tinh, và khoảng cách từ Mặt Trăng đến Trái Đất. Vũ Trụ lớn hơn nhiều so với những gì con người từng nghĩ.

Copernicus biết rằng nghiên cứu của ông sẽ làm mọi người kinh ngạc, nhưng khi ông có tuổi, ông quyết định rằng mình phải xuất bản nghiên cứu đó. Năm 1542, ông hoàn thành cuốn sách lớn của mình, *Vòng quay của các thiên thể (De revolutionibus orbium coelestium)*. Nhung khi đó Copernicus đã là một cụ già ốm yếu. Vì thế, ông tin tưởng gửi gắm việc in ấn cho một người bạn, một thầy tu tên là Rheticus, người cũng biết về các ý tưởng của Copernicus. Rheticus bắt đầu công việc này, nhưng sau đó phải chuyển đến làm việc ở một trường đại học ở Đức, nên nhiệm vụ được trao lại cho một thầy tu khác, Andreas Osiander. Osiander tin rằng các ý tưởng của Copernicus là nguy hiểm, nên ông ta đã tự thêm phần mở đầu do chính ông ta viết vào cuốn sách vĩ đại này, cuốn sách cuối cùng được in năm 1543. Trong phần mở đầu đó, ông ta viết rằng những kết luận và ý tưởng của Copernicus không thực sự đúng, mà chỉ đơn giản là một trong nhiều cách khả dĩ để giải thích những điểm vướng mắc mà những nhà thiên văn đã nhận ra từ lâu với quan điểm Trái Đất là trung tâm của Vũ Trụ. Osiander có quyền đưa ra quan điểm riêng, nhưng ông ta đã làm một việc rất không trung thực: ông ta viết phần lời tựa này cứ như thể nó là của chính Copernicus. Bởi phần này không được ai ký, người ta đã mặc định rằng đây chính là quan điểm mà Copernicus thực sự muốn bày tỏ về những ý tưởng của mình, và Copernicus lúc đó đang hấp hối và không thể làm gì để thay đổi ấn tượng sai lầm mà lời tựa đó tạo ra. Hệ quả là, trong suốt gần 100 năm, độc giả cho rằng Copernicus đơn thuần đang thử nghiệm nhiều cách giải thích những gì chúng ta nhìn thấy trên bầu trời mỗi đêm, mà

không thực sự khẳng định rằng Trái Đất quay quanh Mặt Trời.

Lời tựa này khiến người ta dễ dàng bỏ qua thông điệp có tính cách mạng trong cuốn sách của Copernicus. Tuy nhiên, nhiều người đọc nó, và các nhận xét lẫn tính toán trong đó ảnh hưởng tới thiên văn học trong hàng thập kỷ sau khi ông mất. Hai nhà thiên văn đặc biệt quan trọng còn đưa công trình của ông đi xa hơn nữa. Một trong số họ, Tycho Brahe (1546–1601) đã được truyền cảm hứng từ việc Copernicus kiên quyết khẳng định rằng Vũ Trụ rất lớn, và rằng các ngôi sao ở rất xa Trái Đất. Việc quan sát nhật thực năm 1560 đã thổi bùng lên trí tưởng tượng của ông, và dù gia đình quý tộc Đan Mạch của ông muốn ông học luật, thứ duy nhất thỏa mãn ông là nghiên cứu bầu trời. Năm 1572, ông phát hiện ra một ngôi sao mới, rất sáng trên bầu trời đêm. Ông viết về *nova stella* (ngôi sao mới) này và lý luận rằng điều này cho thấy bầu trời không hẳn hoàn thiện và không phải bất biến. Ông tự xây dựng một đài thiên văn tinh vi và công phu trên một hòn đảo ngoài khơi Đan Mạch, và trang bị cho nó những công cụ tiên tiến nhất. (Than ôi, kính viễn vọng lúc này vẫn chưa được phát minh.) Năm 1577, ông theo dõi đường đi của một sao chổi; sao chổi nhìn chung bị coi là điềm xấu, nhưng với Tycho, đường đi của sao chổi đơn thuần cho thấy các thiên thể không cố định trong mặt cầu của riêng chúng, vì sao chổi cắt qua các thiên thể.

Tycho đã có nhiều khám phá quan trọng về vị trí và chuyển động của các hành tinh và các vì sao, mặc dù cuối cùng ông phải đóng cửa đài thiên văn và chuyển đến Prague, nơi mà ông lại xây dựng một đài thiên văn khác vào năm 1577. Ba năm sau, ông chọn Johannes Kepler (1571–1630) làm trợ lý. Dù Tycho không bao giờ chấp nhận mô hình Mặt Trời là trung tâm Vũ Trụ của Copernicus, Kepler có quan điểm khác Tycho về Vũ Trụ, và Tycho để lại tất cả những ghi chú lẫn bản thảo của mình cho Kepler trước khi ông mất năm 1601. Kepler làm tròn bổn phận với di sản ghi nhớ của Tycho và đã biên tập một số công trình của Tycho để xuất bản,

nhưng ông cũng đưa thiên văn học đi theo một hướng hoàn toàn mới.

Kepler có một cuộc đời đầy giông tố và hỗn loạn. Vợ và con gái nhỏ của ông qua đời, và mẹ ông bị truy tố vì bị nghi ngờ thực hiện ma thuật phù thủy. Chính ông cũng là một người mộ đạo theo Tân giáo, giữa những ngày đầu của Cải cách Tân giáo khi đa số nhà chức trách theo Công giáo, nên ông luôn phải dè chừng mỗi bước đi. Ông tin rằng trật tự của bầu trời khẳng định sự cảm kích thần bí mà ông dành cho sự sáng tạo của Chúa Trời. Dù vậy, những đóng góp dài lâu của ông cho thiên văn học rất thực tế và chính xác. Giữa những bản thảo có nội dung thường khó hiểu của mình, ông diễn giải cặn kẽ ba khái niệm mà ngày nay vẫn được biết đến với cái tên Định luật Kepler. Chúng vô cùng quan trọng.

Hai định luật đầu tiên liên quan chặt chẽ với nhau, và ông khám phá ra chúng với sự hỗ trợ của các bản ghi chép những lần quan sát cẩn thận chuyển động của Hỏa Tinh mà Tycho đã để lại cho ông. Kepler nghiên cứu các ghi chép này trong một thời gian dài cho đến khi ông nhận ra rằng các hành tinh không phải lúc nào cũng dịch chuyển với cùng một tốc độ, thực ra, chúng di chuyển nhanh hơn khi chúng ở gần Mặt Trời và chậm hơn khi ở xa Mặt Trời. Ông phát hiện ra rằng nếu ta vẽ một đường thẳng từ Mặt Trời (nằm ở trung tâm của Vũ Trụ) đến hành tinh, ta sẽ thấy diện tích cung tròn được tạo ra khi hành tinh chuyển động mới là một giá trị không đổi, chứ không phải vận tốc của hành tinh. Đây là định luật thứ hai của ông, và hệ quả của nó là định luật thứ nhất: các hành tinh không dịch chuyển theo quỹ đạo hình tròn hoàn hảo, mà dịch chuyển theo quỹ đạo hình ellipse, một dạng hình tròn được làm dẹt. Mặc dù chưa nghĩ tới lực hấp dẫn, ông cho rằng phải có một lực nào đó tác động lên chuyển động của các hành tinh. Và ông nhận ra rằng hình ellipse là đường đi tự nhiên của bất cứ vật nào dịch chuyển quanh một điểm trung tâm, giống như các hành tinh dịch chuyển quanh Mặt Trời. Hai định luật của Kepler

cho thấy quan niệm cổ xưa về những quỹ đạo hình tròn hoàn hảo là sai làm.

Định luật thứ ba của ông thực tế hơn: ông chỉ ra rằng có một mối quan hệ đặc biệt giữa thời gian một hành tinh quay trọn một vòng quanh Mặt Trời và khoảng cách trung bình từ hành tinh đó đến Mặt Trời. Điều này cho phép các nhà thiên văn học tính toán khoảng cách từ các hành tinh đến Mặt Trời, và tưởng tượng ra được Hệ Mặt Trời của chúng ta lớn thế nào, nhưng cũng đồng thời nhận ra nó nhỏ thế nào khi so sánh với khoảng cách giữa chúng ta và các vì sao. May mắn thay, cũng vào khoảng thời gian đó, một dụng cụ khoa học đã được phát minh để giúp chúng ta nhìn xa hơn vào những khoảng không đó. Người đàn ông đã biến kính viễn vọng thành một dụng cụ có sức mạnh to lớn cũng là nhà thiên văn học nổi tiếng nhất: Galileo Galilei.

← Thế giới có nhiều cách quy định mùa khác nhau, chủ yếu dựa trên các yếu tố điều kiện thời tiết, thiên văn, Mặt Trời, sinh thái, văn hóa và một số yếu tố khác. Ở Mỹ, Anh, và một số nước Tây Âu, ngày 21 tháng Ba là ngày mùa xuân chính thức bắt đầu. Ở Việt Nam, Trung Quốc và một số nước châu Á, ngày 3 – 5 tháng Hai, tức ngày Lập Xuân, là ngày mùa xuân chính thức bắt đầu, còn ngày 20 – 21 tháng Ba là ngày Xuân Phân, tức ngày đánh dấu giữa mùa xuân.

Chương 12

Tháp nghiêng và kính viễn vọng

Galileo

Một trong những công trình kì lạ nhất thế giới hẳn là tháp chuông 850 năm tuổi của nhà thờ chính tòa ở thành phố Pisa, nước Ý. Có thể bạn đã biết đến nó với cái tên Tháp nghiêng Pisa. Sẽ rất vui khi chụp ảnh một người bạn đứng trước tòa tháp và giả vờ như đang giữ nó khỏi đổ. Cũng có những câu chuyện về việc Galileo sử dụng tòa tháp cho thí nghiệm của ông – thả hai quả cầu có khối lượng khác nhau từ đỉnh tòa tháp để xem quả nào chạm đất trước. Trên thực tế, ông không dùng tòa tháp này, mà ông đã làm các thí nghiệm khác cho biết kết quả của trường hợp giả định kia sẽ là gì, và ông phát hiện ra rằng cả quả bóng nặng 4,5 kilogram lẫn quả bóng nặng 0,45 kilogram đều chạm đất cùng một thời điểm. Giống như việc Mặt Trời không quay quanh Trái Đất mỗi ngày, thí nghiệm này dường như đi ngược lại trải nghiệm hằng ngày của chúng ta. Rõ ràng, một chiếc lông chim và một quả bóng được thả từ đỉnh tháp không rơi với cùng một tốc độ. Vậy tại sao hai quả bóng có khối lượng khác nhau lại rơi xuống đất cùng nhau?

Galileo Galilei (1564–1642) sinh ra ở Pisa. (Galilei là họ của ông, nhưng người anh hùng của chúng ta luôn được biết đến với tên Galileo.)§ Cha của ông là một nhà soạn nhạc và Galileo thực ra

lớn lên ở thành phố Florence gần đó. Ông trở về Đại học Pisa khi đã là một thanh niên, bắt đầu học y, nhưng ông vẫn luôn quan tâm đến toán học hơn, và ông rời trường đại học với tiếng tăm về sự lanh lợi và nhanh trí. Năm 1592, ông đến Padua để dạy toán học và môn mà ngày nay chúng ta sẽ gọi là vật lý học. Ông ở đó khi William Harvey, người chúng ta sẽ sớm gặp trong cuốn sách này, là một sinh viên của trường, và thật đáng thất vọng khi hai người này có lẽ đã không bao giờ gặp nhau.

Trong suốt cuộc đời mình, Galileo thu hút các cuộc tranh cãi. Ý tưởng của ông dường như luôn thách thức những quan điểm vốn đã được chấp nhận, đặc biệt là vật lý học và thiên văn học của Aristotle và những Đấng lỗi lạc thời cổ đại khác. Ông là một tín đồ Công giáo tốt, nhưng ông cũng tin rằng tôn giáo chỉ bao gồm đức hạnh và đức tin, còn khoa học giải mã thế giới vật lý và có thể quan sát được. Nói theo cách của ông, Kinh Thánh dạy người ta cách đi tới cõi trời, chứ không phải cách cõi trời vận động. Điều này đưa ông đến xung đột với Giáo Hội Công giáo, vào thời đó đang quyết liệt chống lại những người dám thách thức tư tưởng hoặc quyền lực của Giáo Hội. Giáo Hội cũng bắt đầu công khai kiểm soát lượng sách ngày càng lớn được sản xuất bằng máy in ép, đưa những quyển sách mà họ cho là không thể chấp nhận được vào một danh sách gọi là *Danh mục sách cấm (Index Librorum Prohibitorum)*. Galileo, người có rất nhiều bạn bè có chức tước cao (hoàng thân, giám mục, hồng y, thậm chí giáo hoàng), nhận được sự ủng hộ của rất nhiều chức sắc Công giáo, nhưng những người khác quyết tâm không cho những ý tưởng của ông xúc phạm quan điểm tôn giáo đã có từ nhiều thế kỷ trước của họ.

Những nghiên cứu đầu tiên của Galileo là về những lực tham gia vào việc di chuyển vật. Ngay từ đầu, ông đã là một người muốn tự mình quan sát và đo đạc mọi thứ, và nếu có thể, diễn đạt kết quả bằng phương pháp toán học. Trong một thí nghiệm nổi tiếng nhất của ông, ông cẩn thận lăn một quả bóng trên một mặt

phẳng nghiêng và đo những khoảng thời gian nó lăn được những khoảng cách nhất định. Như bạn có thể tưởng trọng, quả bóng tăng dần tốc độ khi nó lăn xuống một đường dốc (chúng ta ngày nay sẽ nói rằng nó là gia tốc). Galileo nhận ra rằng có một mối quan hệ đặc biệt giữa tốc độ của quả bóng với khoảng thời gian trôi qua kể từ thời điểm quả bóng bắt đầu lăn. Khoảng cách lăn tỉ lệ với bình phương của thời gian lăn. Như thế, sau hai giây, Galileo phát hiện ra rằng quả bóng sẽ lăn với tốc độ gấp 4 lần. (Giá trị bình phương của thời gian cũng xuất hiện trong nghiên cứu của các nhà khoa học thời sau, nên hãy để mắt tìm chúng. Thế giới tự nhiên dường như thích mọi thứ được bình phương.)

Trong thí nghiệm này, và rất nhiều thí nghiệm nữa, Galileo cho thấy ông là một nhà khoa học rất hiện đại, bởi ông biết rằng các đo đạc thực tế của ông không phải lúc nào cũng giống hệt nhau, đôi khi chúng ta chớp mắt ở thời điểm không phù hợp, hoặc chúng ta mất thời gian để ghi lại những gì mình nhìn thấy, hoặc dụng cụ đo không hoàn hảo. Tuy nhiên, đây mới chính là những loại quan sát mà chúng ta có thể thực hiện với thế giới thực, và Galileo luôn luôn hứng thú nhất với thế giới mà chúng ta thực sự tìm thấy, không phải thế giới trừu tượng nơi mọi thứ luôn hoàn hảo và chính xác.

Những nghiên cứu đầu tiên của Galileo về các vật thể chuyển động cho thấy cách ông nhìn nhận thế giới khác biệt như thế nào so với Aristotle và hàng trăm nhà tư duy sau đó, bất chấp việc lý thuyết của Aristotle vẫn tiếp tục giữ vị trí quan trọng trong các trường đại học, nơi mà các nhóm tôn giáo nắm quyền. Năm 1609, Galileo biết đến một dụng cụ sẽ thách thức được lối tư duy xưa cũ một cách còn nghiêm túc hơn. Dụng cụ này, một thời gian ngắn sau đó, được gọi là “kính viễn vọng” (telescope), một từ có nghĩa là “nhìn xa”, cũng giống như từ “điện thoại” (telephone) có nghĩa là “nói chuyện xa”, và “kính hiển vi” (microscope) có nghĩa là “nhìn vật nhỏ”. Cả kính viễn vọng lẫn kính hiển vi đều rất quan

trọng trong lịch sử khoa học.

Kính viễn vọng đầu tiên mà Galileo tạo ra chỉ phóng to ảnh của vật thể một chút, nhưng ông đã rất ấn tượng với nó. Ông nhanh chóng cải tiến nó bằng cách sử dụng hai thấu kính để nâng khả năng phóng to ảnh vật thể lên bằng với mức mà một ống nhòm hai mắt thông thường ngày nay có thể làm được, khoảng 15 lần. Con số này có vẻ không lớn, nhưng nó gây phấn khích mạnh. Sử dụng nó, người ta có thể nhìn thấy những con tàu đi từ biển vào, rất lâu trước khi có thể nhìn thấy chúng bằng mắt thường. Quan trọng hơn, Galileo hướng kính viễn vọng của ông về phía bầu trời và ngạc nhiên trước những gì ông tìm thấy.

Khi nhìn lên Mặt Trăng, ông phát hiện ra rằng nó không phải là một quả cầu hoàn hảo, trơn mịn và tròn trịa như những gì người ta vẫn nghĩ. Nó có các núi và hố lớn. Hướng kính viễn vọng về phía các hành tinh, ông quan sát chuyển động của chúng kĩ càng hơn, và phát hiện ra một hành tinh, Mộc Tinh, cũng có "Mặt Trăng" giống như Trái Đất có Mặt Trăng của riêng nó. Một hành tinh khác, Thổ Tinh, có hai mặt tròn lớn trông không giống các Mặt Trăng, và ngày nay chúng ta gọi chúng là các "vành đai". Ông có thể quan sát chuyển động của Kim Tinh và Hỏa Tinh rõ ràng hơn, và đồng ý rằng chúng thay đổi hướng và vận tốc một cách đều đặn và có thể dự đoán được. Mặt Trời có các vùng đen hoặc điểm đen di chuyển mỗi ngày một chút theo các quy luật đều đặn. (Ông biết cách nhìn Mặt Trời một cách gián tiếp để bảo vệ đôi mắt, cũng như bạn vậy.) Kính viễn vọng của ông cũng tiết lộ rằng dải Ngân Hà, trông như một dải sáng mờ ảo, kì diệu khi được nhìn bằng mắt thường vào những đêm trời quang đãng, thực chất được tạo nên bởi hàng nghìn, hàng nghìn ngôi sao đơn lẻ ở rất xa Trái Đất.

Với kính viễn vọng của mình, Galileo đã có những quan sát trên và nhiều quan sát quan trọng khác. Ông viết về chúng trong một cuốn sách mang tên *Sứ giả sao (Starry Messenger, 1610)* gây xôn xao

dư luận. Mỗi tiết lộ của ông đặt nghi vấn về những điều người ta vẫn nghĩ về bầu trời. Một số người cho rằng các ý tưởng của Galileo dựa trên những trò bịp bợm mà "cái ống" của ông, như người ta thường gọi kính viễn vọng, thực hiện, bởi những thứ không thể nhìn được bằng mắt thường có thể không tồn tại. Galileo phải cố gắng thuyết phục mọi người rằng những gì kính viễn vọng cho họ thấy hoàn toàn là thật.

Kì cục hơn, và cũng nguy hiểm hơn, những quan sát của Galileo là bằng chứng xác đáng cho thấy Copernicus đã đúng, rằng Mặt Trăng quay quanh Trái Đất, và Trái Đất, Mặt Trăng, cùng những hành tinh khác quay quanh Mặt Trời. Cho đến thời gian ấy, cuốn sách của Copernicus đã được lưu hành trong gần 70 năm, và ông có một lượng nhất định những người tin theo, bao gồm cả tín đồ Tân giáo lẫn Công giáo. Quan điểm chính thức của Giáo Hội Công giáo là những ý tưởng của Copernicus có ích đối với việc tính toán chuyển động của các hành tinh, nhưng chúng không phản ánh đúng sự thật theo nghĩa đen. Nếu những ý tưởng đó đúng, quá nhiều đoạn trong Kinh Thánh sẽ trở nên khó diễn giải, và sẽ phải được xem xét lại.

Nhưng Galileo muốn cho mọi người biết thêm về những khám phá thiên văn học của ông. Ông đến Rome vào năm 1615 với hy vọng xin được sự chấp thuận của Giáo hội để truyền dạy những gì mình đã tìm ra. Rất nhiều người, thậm chí cả Giáo hoàng, thông cảm với ông, nhưng ông vẫn bị cấm viết hoặc dạy về hệ thống của Copernicus. Nhưng ông không bỏ cuộc hoàn toàn, ông đến Rome vào năm 1624 và 1630 để thăm dò, dù ông đang dần bước sang tuổi cao niên và sức khỏe đã kém đi. Ông dần tin rằng miễn là ông cẩn thận giới thiệu hệ thống của Copernicus chỉ như một khả năng có thể, ông sẽ được an toàn. Cuốn sách của ông về thiên văn học, *Đối thoại về hai hệ thống thế giới chính (Dialogue on the two chief world systems),* được viết dưới dạng một cuộc hội thoại giữa ba người: một đại diện cho Aristotle, một đại diện cho Copernicus, và

một đóng vai trò người dẫn. Bằng cách này, Galileo có thể thảo luận về ưu điểm và nhược điểm của hai hệ thống ý tưởng cũ và mới về Vũ Trụ mà không cần nói rằng hệ thống nào đúng hay sai.

Đây là một cuốn sách tuyệt vời, đầy những câu nói đùa, và được viết bằng tiếng mẹ đẻ của ông – tiếng Ý, giống như đa số các cuốn sách của Galileo. (Học giả trên toàn châu Âu vẫn thường viết sách bằng tiếng Latin.) Ngay từ đầu, người đọc đã có thể thấy rất rõ Galileo đứng về phía nào. Trước tiên, nhân vật đại diện cho Aristotle có tên Simplicio. Đúng là đã có một nhà bình luận thời cổ đại về Aristotle mang cái tên này, nhưng cũng như trong tiếng Anh, cái tên này trong tiếng Ý có phát âm gần giống với từ "simpleton" – "anh ngốc", và nhân vật này không được thông minh cho lắm. Người đại diện cho Copernicus (tên là Salviati, một cái tên gọi đến "thông thái" và "an toàn") có những lời đối thoại và luận giải hay nhất.

Galileo đã rất cố gắng để có được sự chấp thuận của Giáo hội cho cuốn sách của ông. Người kiểm duyệt ở Rome, tức người kiểm soát cuốn sách nào được phát hành, thông cảm với Galileo, nhưng ông biết rằng sẽ có rắc rối và vì vậy trì hoãn quyết định của mình. Galileo quyết định làm tới và cho in cuốn sách ở Florence. Khi những chức sắc Công giáo cấp cao ở Rome đọc cuốn sách này, họ không hề hài lòng và triệu tập ông tới Rome. Một người nào đó bới ra được một bản sao lệnh cấm ông truyền dạy hệ thống ý tưởng của Copernicus, và sau một phiên "hầu toà" kéo dài ba tháng vào năm 1633, Galileo bị buộc phải nói rằng cuốn sách của ông là một sai lầm và là sản phẩm của tính tự cao của ông. Ông phải khẳng định trong bản tự thú có ký tên rằng Trái Đất không quay và là trung tâm của Vũ Trụ. Có một câu chuyện truyền miệng rằng ngay sau khi bị kết tội, Galileo đã lẩm bẩm, "Eppur si muove" (Nhưng nó vẫn quay). Dù ông có nói to hay không, ông vẫn thực sự nghĩ như vậy, bởi Giáo hội không thể nào thay đổi niềm tin của ông về bản chất của thế giới.

Giáo hội có đủ quyền lực để tống Galileo vào tù và thậm chí tra tấn ông, nhưng bồi thẩm đoàn nhận ra rằng ông là một người đàn ông bất thường, và phạt ông bị quản thúc tại gia. Hình phạt "quản thúc tại gia" đầu tiên mà ông phải nhận ở thành phố Siena không nghiêm ngặt đến thế – ông là linh hồn của nhiều bữa dạ tiệc – do đó, Giáo hội nhấn mạnh rằng ông phải trở về ngôi nhà ở ngoại ô Florence, nơi những người thăm viếng ông đều bị kiểm tra nghiêm ngặt. Một trong những người con gái của Galileo (một nữ tu) mất ít lâu sau đó, và những năm cuối đời của ông rất cô đơn. Nhưng ông vẫn tiếp tục công việc, quay trở lại với đề tài những vật rơi và những lực gây ra những loại chuyển động mà chúng ta thấy hằng ngày. Cuốn sách vĩ đại của ông, *Hai ngành khoa học mới (Two New Sciences, 1638),* là một trong những nền tảng của vật lý học hiện đại. Ông lại tiếp tục nghiên cứu sự gia tốc của những vật thể rơi, và sử dụng toán học để cho thấy gia tốc có thể đo được theo một phương pháp dự báo nghiên cứu nổi tiếng sau này của Newton về lực hấp dẫn. Ông cũng cho người ta thấy một cách tư duy mới về đường bay của vật thể được bắn vào không trung, chẳng hạn như những viên đạn đại bác, cho thấy người ta có thể dự đoán điểm rơi của chúng như thế nào. Với nghiên cứu này, khái niệm "lực", thứ khiến cho một vật chuyển động theo một cách nào đó, xác lập vị trí của nó trong vật lý học.

Nếu bạn đã từng nghe đến cụm "nổi loạn vô cớ"§, thì Galileo là một người nổi loạn có cớ. Ông đấu tranh cho khoa học, tức những kiến thức để giải thích cách thế giới hoạt động theo những quy luật của chính nó. Một vài ý tưởng nổi loạn của ông sau này bị bác bỏ bởi chúng sai hoặc không thể giải thích đầy đủ các vấn đề. Nhưng đó chính là cách khoa học vẫn luôn vận động, không có một lĩnh vực khoa học nào là một cuốn sách đóng, chứa đựng mọi câu trả lời. Cũng như tất cả các nhà khoa học hiện đại, Galileo biết điều này.

← Ở các nước phương Tây, người ta nhắc đến một người bằng họ của người đó khi muốn thể

hiện sự tôn trọng hoặc khi chưa có mối quan hệ đặc biệt nào với người được nhắc đến. Ví dụ: những người mới biết nhau lần đầu sẽ gọi nhau bằng họ, hoặc thiên tài Einstein cũng luôn được mọi người nhắc đến bằng họ của ông (Einstein). ← Nguyên văn: “rebel without a cause”. Đây là tên một bộ phim nổi tiếng của đạo diễn Nicholas Ray, đã giành 3 giải Oscar và 2 giải BAFTA.

Chương 13

Vòng quanh rồi vòng quanh

Harvey

Các từ “cycle” và “circulation” (vòng tuần hoàn) đều có nguồn gốc dựa trên từ “cycle” (vòng lặp) trong tiếng Latin. Hoàn thành một vòng lặp, hay vòng tuần hoàn, có nghĩa là bạn cứ di chuyển cho đến khi bạn quay lại điểm khởi đầu, mà không nhất thiết phải nhận ra rằng mình đã quay lại điểm đó. Không có nhiều vòng tròn hoàn hảo trong tự nhiên, nhưng có rất nhiều vòng tuần hoàn. Trái Đất quay vòng quanh Mặt Trời. Nước tuần hoàn bằng cách bốc hơi khỏi mặt đất rồi rơi xuống dưới dạng những cơn mưa. Nhiều loài chim di cư một quãng đường dài mỗi năm, sau đó trở lại khu vực ban đầu để sinh sản, rồi lại bắt đầu vòng lặp hằng năm của chúng. Thật vậy, toàn bộ quá trình tự nhiên gồm ra đời, sinh trưởng và qua đời, được nối tiếp bởi một vòng lặp ở một thế hệ mới, cũng là một dạng tuần hoàn.

Cũng rất nhiều vòng lặp hoặc vòng tuần hoàn tồn tại bên trong cơ thể chúng ta. Một trong những vòng tuần hoàn quan trọng nhất có sự tham gia của tim và máu. Mỗi giọt máu tuần hoàn qua cơ thể chúng ta khoảng 50 lần mỗi giờ. Tất nhiên, con số này dao động tùy thuộc vào việc chúng ta làm: nếu chúng ta chạy, và tim ta phải đập nhanh hơn, thời lượng của một vòng tuần hoàn sẽ ngắn lại,

khi chúng ta ngủ, tim ta đập chậm hơn và một giọt máu sẽ mất nhiều thời gian hơn để trở về tim. Ngày nay, chúng ta được học về tất cả những điều này ở trường, nhưng trước đây không phải lúc nào thông tin cũng rõ ràng như vậy. Người đàn ông khám phá ra rằng máu tuần hoàn trong cơ thể là một bác sĩ người Anh tên là William Harvey (1578–1657).

Cha của Harvey là một người nông dân mà sau này đã trở thành một thương nhân thành công, nghề mà năm trong số sáu anh em của Harvey đều theo. Tuy nhiên, William chọn đi theo nghề y, và sau khi hoàn thành chương trình đào tạo y ở Đại học Cambridge năm 1600, ông đến Đại học Padua, nơi Vesalius đã làm việc vài năm trước đó, cũng là nơi Galileo đang nghiên cứu thiên văn học và vật lý học vào thời điểm đó.

Một trong những giáo viên y học của Harvey tại Padua là Fabrizi của xứ Acquapendente (1537–1619). Fabrizi lúc đó đang tiếp tục truyền thống nghiên cứu được Aristotle khởi xướng rất lâu trước đó, và nó là nguồn cảm hứng cho Harvey. Thầy và trò nhận được hai bài học quan trọng từ Aristotle. Thứ nhất, ở các sinh vật sống, bao gồm cả con người, các bộ phận trong cơ thể có được hình dạng hoặc cấu trúc mà chúng có là vì chức năng chúng phải thực hiện. Ví dụ, xương và cơ của chúng ta được ghép với nhau để chúng ta có thể chạy hoặc nhặt các đồ vật, và chừng nào chưa có gì xấu xảy ra với cơ thể, chúng ta thậm chí sẽ không nhận ra rằng những bộ phận đó vận hành như thể theo đúng chức năng được thiết kế vậy. Aristotle cũng tin rằng tất cả mọi chi tiết trên thực vật và động vật đều phục vụ một mục đích hoặc chức năng nào đó, vì Đấng Tạo Hóa sẽ không thiết kế bất cứ bộ phận nào vô dụng. Đôi mắt được thiết kế như vậy để chúng ta có thể nhìn; các bộ phận khác của cơ thể như dạ dày, gan, phổi, và tim cũng thế. Mỗi bộ phận có một cấu trúc đặc biệt để thực hiện chức năng của riêng chúng. Phương pháp tiếp cận để hiểu cách cơ thể vận hành này được gọi là “giải phẫu học sống”, và nó đã tỏ ra đặc biệt hữu

dụng trong việc suy luận ra "logic" vận hành của cơ thể chúng ta. Các thầy thuốc thời xưa đã hiểu rõ rằng xương cứng và có hình dạng cố định bởi chúng phải chống đỡ cơ thể khi chúng ta đi bộ hoặc chạy. Cơ của chúng ta mềm và đàn hồi hơn bởi hoạt động co và giãn của chúng cho phép chúng ta cử động. Tuy nhiên, việc ta có thể hiểu rõ tim và mối quan hệ giữa nó với máu và các mạch máu theo cùng logic trên không được rõ ràng đến thế. Có lẽ chúng ta phải công nhận rằng, vì có Harvey hướng dẫn thì ta mới lý giải được sự hoạt động của tim theo lối tư duy này về chức năng của cơ thể.

Thứ hai, Aristotle nhấn mạnh vai trò trung tâm của tim và máu đối với cuộc sống, sau khi quan sát quả tim nhỏ bé đập, là dấu hiệu đầu tiên của sự sống trong phổi một con gà đang còn trong trứng. Aristotle đã thuyết phục được Harvey rằng tim là trung tâm của sự sống. Và tim cùng sự tuần hoàn đã trở thành tâm điểm sự nghiệp y học của Harvey.

Thầy của Harvey, Fabrizi, cũng phát hiện ra một điểm mà sau này trở nên cực kì quan trọng đối với Harvey: nhiều tĩnh mạch lớn có van. Những van này luôn được đặt ở vị trí sao cho máu chỉ có thể lưu thông một chiều: về tim. Fabrizi nghĩ rằng chức năng của chúng là ngăn máu tụ ở chân, hoặc chảy từ não xuống với lực quá mạnh. Harvey đã vận dụng tất cả kiến thức đã thu được khi ông trở về Anh sau khóa học ở Padua.

Sự nghiệp của Harvey đi từ thành công này đến thành công khác. Ông mở phòng khám ở London, có được một công việc tại Bệnh viện Thánh Bartholomew, và không lâu sau được mời giảng bài về giải phẫu học và sinh lý học cho các bác sĩ phẫu thuật. Ông trở thành bác sĩ của hai vị vua nước Anh, James I và con của ngài, Charles I. Mối liên hệ với Charles I không có lợi cho Harvey trong giai đoạn này, đặc biệt sau khi nhà vua bị truất ngôi bởi một nhóm tín hữu Kháng Cách được gọi là những tín đồ Thanh Giáo. Một lần,

nhà của Harvey bị tấn công và bị đốt cùng với rất nhiều bản thảo gốc của những cuốn sách mà ông muốn xuất bản. Đây là một mất mát lớn đối với khoa học vì Harvey đang nghiên cứu rất nhiều vấn đề, bao gồm hoạt động thở, các cơ, và cách các con vật thành hình từ những quả trứng đã được thụ tinh. Vua Charles thậm chí đã cho phép Harvey sử dụng một vài con vật thuộc sở hữu hoàng gia trong các thí nghiệm.

Máu luôn cuốn hút Harvey. Ông cho rằng máu thực sự là phần thiết yếu của sự sống. Ông cũng tách vài quả trứng và nhìn thấy dấu hiệu đầu tiên của sự sống là một vệt máu, đập phập phồng theo nhịp. Điều này cũng đúng với các động vật khác mà ông kiểm tra khi chúng vẫn đang là phôi (vẫn đang phát triển bên trong trứng hoặc trong dạ con của mẹ chúng). Tim, bộ phận từ lâu được cho là gắn liền với máu, cũng cuốn hút Harvey. Tất cả mọi người đều biết rằng khi tim ngừng đập, con người hoặc con vật chết. Vì thế, trong khi máu là thiết yếu để khởi sinh sự sống, sự sống lại kết thúc khi tim ngừng đập.

Phần lớn thời gian, tim chúng ta đập mà chúng ta không cần phải bận tâm đến nó. Nhưng đôi khi bạn có thể thực sự cảm thấy tim đang đập, ví dụ khi bạn hồi hộp hoặc sợ hãi, hoặc khi bạn tập thể dục và bạn nhận ra rằng tim mình đang dội liên hồi vào lồng ngực: thình thịch, thình thịch, thình thịch. Harvey muốn hiểu được "vận động" của tim, hay chính xác là những gì diễn ra trong mỗi nhịp tim. Trong mỗi nhịp tim, tim co lại (một quá trình được gọi là "tâm thu") và giãn ra ("tâm trương"). Ông đã mổ nhiều động vật sống để quan sát tim đang đập của chúng, đặc biệt là rắn và các loài động vật máu lạnh khác (các loài vật không thể điều tiết nhiệt độ cơ thể). Tim của chúng đập chậm hơn nhiều so với tim người, do đó ông có thể thấy nhịp đập dễ dàng hơn. Ông thấy các van trong tim mở và đóng ra sao trong mỗi nhịp tim, trong một quy trình đập bình thường. Khi tim co lại, các van giữa các buồng tim đóng lại, và các van nối tim với các mạch máu mở ra. Khi tim giãn

ra, điều ngược lại xảy ra, và các van giữa các buồng tim mở ra, trong khi các van giữa tim và các mạch máu (động mạch phổi và động mạch chủ) đóng lại. Harvey nảy ra suy nghĩ rằng những van này cũng hoạt động giống những van tĩnh mạch mà thầy ông, Fabrizi, đã phát hiện ra, và vai trò của chúng cũng là giữ cho máu luôn lưu thông theo một chiều không đổi.

Harvey làm một vài thí nghiệm để giúp những người khác hiểu được điều ông đang nghĩ. Một trong số chúng rất đơn giản. Ông quấn một băng cứu thương (còn được gọi là ga-rô cầm máu) quanh cánh tay: nếu cái băng quá chặt, máu không thể lưu thông qua cánh tay, và bàn tay trở nên nhợt nhạt; nếu ông nới băng ra một chút, máu có thể đến được tay nhưng không thể quay trở lại tim, và bàn tay trở nên rất đỏ. Điều này cho thấy máu chảy vào cánh tay ở một áp lực nhất định, và ga-rô cầm máu có thể chặn hoàn toàn áp lực này. Nới rộng băng cho phép máu chảy vào qua các động mạch, nhưng không thể chảy ra khỏi cánh tay qua các tĩnh mạch.

Sau khi đã quan sát rất nhiều quả tim và suy nghĩ sâu về chúng, Harvey đã tiến tới một bước nhảy vọt quan trọng trên phương diện kiến thức của loài người về chức năng của tim. Ông phát hiện ra rằng trong một khoảng thời gian ngắn, lượng máu lưu thông qua tim thậm chí còn lớn hơn toàn bộ lượng máu chứa trong cơ thể con người. Và cơ thể không thể nào tạo ra đủ máu để mỗi nhịp tim lại bơm máu mới, chưa kể việc cả cơ thể con người cũng không thể chứa nổi toàn bộ lượng máu đó. Vì thế, máu phải xuất phát từ tim qua mỗi nhịp tim, lưu thông qua các động mạch, vào các tĩnh mạch, và quay trở lại tim để bắt đầu một chu kỳ "tuần hoàn" mới.

"Tôi bắt đầu có suy nghĩ riêng rằng máu lưu thông, cứ như thể, trong một vòng tròn." Ông viết câu này (bằng tiếng Latin) vào năm 1628, trong một cuốn sách mỏng có tên *De motu cordis (Về sự vận*

động của tim). Có vẻ như ban đầu ông chỉ định viết về quá trình co và giãn của quả tim, và cuối cùng lại khám phá ra chức năng của những quá trình này. Ông phát hiện ra rằng máu được bơm vào phổi (từ buồng tim bên phải), đồng thời vào động mạch lớn nhất, động mạch chủ, từ buồng tim bên trái. Từ động mạch chủ, máu lưu thông vào các động mạch nhỏ hơn phân nhánh từ đó, rồi chuyển sang các tĩnh mạch, nơi các van đảm bảo rằng máu chảy theo đúng chiều và trở về phần bên phải của tim qua tĩnh mạch lớn nhất, tĩnh mạch chủ.

Giống Vesalius, Harvey luôn nhấn mạnh rằng ông muốn tìm hiểu về cấu trúc và chức năng của cơ thể thông qua nghiên cứu của chính ông, chứ không chỉ đơn thuần qua sách người khác viết. Không giống Vesalius, ông nghiên cứu chủ yếu trên động vật sống, chứ không sử dụng xác người. Ông không bắt đầu với mục tiêu thách thức 2.000 năm giảng dạy về tim và máu trong y học, nhưng ông biết những khám phá của mình sẽ gây tranh cãi, bởi chúng chứng minh rằng học thuyết của Galen là sai. Ông bảo vệ ý tưởng của mình trước những phản biện của một số người, đa phần là những người tin vào học thuyết của Galen và nghĩ rằng ý tưởng của Harvey quá cực đoan. Nhưng có một kẽ hở quan trọng trong học thuyết của ông: ông không thể trả lời câu hỏi then chốt rằng tại sao máu lại có thể chuyển từ các động mạch nhỏ nhất sang các tĩnh mạch nhỏ nhất, để bắt đầu hành trình trở về tim.

Câu đố đó được giải vào khoảng thời gian Harvey qua đời, bởi một học giả người Ý tin vào học thuyết của ông, Marcello Malpighi (1628–1694), cũng là một chuyên gia sử dụng thành thạo kính hiển vi, một dụng cụ đã xuất hiện khoảng những năm 1590 nhưng được cải tiến rõ rệt vào thời của Malpighi. Ông đã có thể quan sát những cấu trúc tinh vi của phổi, thận và các bộ phận khác một cách rõ ràng hơn bất cứ người nào trước đó, và ông phát hiện ra những kênh siêu nhỏ kết nối những động mạch nhỏ nhất với tĩnh mạch nhỏ nhất: mao mạch. “Vòng tròn” của Harvey lúc này đã

hoàn chỉnh.

Thông qua nghiên cứu đột phá của mình, Harvey đã chứng minh rằng việc thí nghiệm kĩ lưỡng có thể dẫn đến những khám phá, và khi ý tưởng của ông được chấp nhận rộng rãi hơn, người ta công nhận ông là người đặt nền móng cho phương pháp thí nghiệm trong sinh học và y học. Điều này động viên những người khác tự kiểm chứng và điều tra những chức năng khác của cơ thể, ví dụ như chuyện gì xảy ra trong phổi khi chúng ta thở, hay trong dạ dày khi chúng ta tiêu hóa thức ăn. Và, giống Vesalius và Galieo ở thời trước, ông giúp mọi người nhận ra rằng kiến thức khoa học có thể tăng lên, và chúng ta có thể biết nhiều về tự nhiên hơn những người có trí thông minh ngang bằng với chúng ta nhưng sống ở hàng nghìn (hoặc thậm chí chỉ 50) năm trước.

Chương 14

Tri thức là sức mạnh

Bacon và Decartes

Vào thế kỷ giữa thời của Copernicus và thời của Galileo, khoa học đã đảo lộn thế giới. Trái Đất không còn nằm ở trung tâm của Vũ Trụ, và những phát hiện mới trong các ngành giải phẫu học, sinh lý học, hóa học và vật lý học nhắc nhở người ta rằng xét cho cùng, những Đấng lỗi lạc thời cổ đại không biết tất cả mọi thứ. Ngoài kia vẫn còn rất nhiều điều để khám phá.

Người ta bắt đầu nghĩ về chính khoa học. Đâu là cách làm khoa học tốt nhất? Làm sao để biết chắc những khám phá mới là chính xác? Chúng ta có thể sử dụng khoa học như thế nào để sống tiện nghi hơn, cải thiện sức khỏe và hạnh phúc? Đặc biệt, có hai cá nhân suy nghĩ rất sâu về khoa học: một người là chính trị gia đồng thời là luật sư người Anh, một người là triết gia người Pháp.

Người đàn ông quốc tịch Anh là Francis Bacon (1561–1626). Cha của ông, Nicholas Bacon, với xuất thân khiêm tốn đã vươn lên trở thành một viên quan đầy quyền lực của Nữ hoàng Elizabeth I. Nicholas hiểu rõ tầm quan trọng của giáo dục, nên ông gửi con đến Đại học Cambridge. Francis cũng phục vụ Nữ hoàng Elizabeth và Vua James I sau khi Elizabeth qua đời. Ông là một chuyên gia về

luật nước Anh, đã tham gia vào một vài phiên tòa quan trọng, và sau khi trở thành Đại Pháp quan§, ông trở thành một trong những hình tượng về pháp lý quan trọng nhất vào thời của ông. Ông cũng là một nghị viên hoạt động tích cực.

Bacon rất đam mê khoa học. Ông dành nhiều thời gian làm thí nghiệm hóa học và quan sát bất cứ thứ gì kì lạ trong tự nhiên, từ cây cỏ và động vật cho đến thời tiết và từ trường. Quan trọng hơn hết thảy những khám phá của ông, là những biện luận thuyết phục và tinh tế về việc tại sao khoa học đáng để người ta nghiên cứu, và cần nghiên cứu khoa học như thế nào. Bacon thúc giục mọi người trân trọng khoa học. “Tri thức là sức mạnh,” ông có phát ngôn nổi tiếng này, và khoa học là cách tốt nhất để đạt được tri thức. Vì thế, ông động viên Elizabeth và James sử dụng công quỹ để xây dựng những phòng thí nghiệm và cung cấp cho các nhà khoa học địa điểm làm việc. Ông nghĩ, các nhà khoa học nên lập ra các hội, hoặc các học viện, để họ có thể gặp gỡ, trao đổi ý tưởng và kết quả quan sát. Ông nói, khoa học cho con người phương tiện để hiểu được tự nhiên, và bằng cách hiểu tự nhiên, con người có thể điều khiển tự nhiên.

Bacon viết rất rõ ràng về cách tốt nhất để khoa học tiến lên. Các nhà khoa học cần chắc chắn rằng những từ ngữ họ sử dụng là chính xác và dễ hiểu đối với những người khác. Họ cần tiến hành điều tra với tâm trí cởi mở, thay vì cố gắng chứng minh những gì họ nghĩ rằng mình đã biết rồi. Trên hết, họ phải lặp lại các thí nghiệm và các quan sát của mình, để có thể chắc chắn được về tính chính xác của các kết quả. Đây là phương pháp *quy nạp.* Ví dụ, bằng cách đếm, cân, hoặc trộn các hóa chất rất nhiều lần, nhà hóa học mới có thể tự tin nói về những gì đang diễn ra. Khi các nhà khoa học thu thập được càng lúc càng nhiều bằng chứng từ quan sát, hoặc quy nạp, họ chắc chắn hơn về những gì sẽ diễn ra. Họ có thể sử dụng các kết quả có được nhờ tư duy quy nạp này để đưa ra những phát biểu khái quát, thứ sau đó sẽ cho họ thấy

những quy luật chi phối cách tự nhiên vận động. Các ý tưởng của Bacon tiếp tục truyền cảm hứng cho các nhà khoa học trong nhiều thế hệ. Cho đến ngày nay, chúng vẫn có giá trị như vậy.

Những tư tưởng của người đàn ông Pháp René Descartes (1596–1650) cũng có tác động như vậy, nhưng theo những cách khác. Ông suy nghĩ sâu về nghiên cứu của Harvey và Galileo. Giống Galileo, Descartes là một tín đồ Công giáo nhưng nhiệt thành tin rằng tôn giáo không nên tác động vào việc nghiên cứu khoa học về thế giới tự nhiên. Giống Harvey, Descartes xem xét kĩ những cơ thể động vật và con người, và giải thích hoạt động của chúng theo cách vượt xa những gì Galen đã dạy. Thực tế, thậm chí hơn cả Harvey hay Galileo, Descartes cố gắng xây dựng khoa học và triết học trên những nền tảng hoàn toàn mới. Mặc dù ngày nay chúng ta vẫn thường nhớ tới ông như một triết gia, ông vẫn giống một nhà khoa học thực hành hơn Bacon.

Descartes sinh ra tại La Haye, ở Touraine, Pháp. Là một cậu bé thông minh, ông theo học tại một trường nổi tiếng, La Flèche, ở vùng Loire, nơi người ta sản xuất rượu vang Pháp hảo hạng. Ở La Flèche, ông được học về những khám phá qua kính viễn vọng của Galileo, thuyết Mặt Trời là trung tâm Vũ Trụ của Copernicus, và toán học tiên tiến nhất thời đó. Ông tốt nghiệp ngành luật ở Đại học Poitiers, và sau đó ông làm một việc rất đáng ngạc nhiên: ông tình nguyện tham gia vào một đội quân Tân giáo. Chiến tranh nổ ra ở châu Âu vào giai đoạn Descartes đã trưởng thành (cuộc chiến tranh ba mươi năm), và trong gần 9 năm, ông tham gia cuộc chiến này. Descartes chưa bao giờ thực sự chiến đấu, mặc dù kiến thức của ông về toán học ứng dụng, và điểm rơi của những quả đạn đại bác, có thể đã giúp ích cho quân đội. Ông cảm mến cả đạo quân Tân giáo và đạo quân Công giáo trong suốt những năm tháng này, và dường như luôn xuất hiện ở nơi những sự kiện quân sự hoặc chính trị quan trọng diễn ra. Chúng ta không biết ông làm gì khi đó, và làm thế nào ông có tiền để di chuyển nhiều như vậy. Có thể

ông là một gián điệp. Nếu thật sự như vậy, có thể ông là một gián điệp cho phe Công giáo, tôn giáo mà ông luôn giữ lòng trung thành.

Vào những ngày đầu của chuyến phiêu lưu đó, ngày 10 tháng Mười một năm 1619, trong một căn phòng ấm áp, được thắp sáng bởi bếp lò, trong lúc nửa tỉnh, nửa mơ, ông đã đi đến hai kết luận. Thứ nhất, nếu ông nhắm đến việc đạt được tri thức thật sự, ông phải tự mình làm việc đó. Những kiến thức của Aristotle và những tác giả khác sẽ không thể giúp được ông. Ông cần bắt đầu lại. Thứ hai, ông kết luận rằng cách duy nhất để bắt đầu lại đơn giản là nghi ngờ mọi thứ! Ngay trong đêm đó, ông có ba giấc mơ mà ông cho là nguồn động viên cho ý tưởng của ông. Ông không xuất bản bất cứ thứ gì tại thời điểm đó, và dù sao, chuyến quân hành của ông mới chỉ bắt đầu. Nhưng cái ngày (và đêm) mang tính quyết định ấy đã dẫn lối cho ông giải thích Vũ Trụ và tất cả những gì trong nó, cùng những quy luật có thể giúp những người khác tự tin thu được kiến thức khoa học.

Nghi ngờ tất cả mọi thứ có nghĩa là không coi bất cứ chuyện gì là hiển nhiên, và sau đó, từng chút một, đi theo cảm giác của chính mình bằng cách chỉ chấp nhận những gì bạn có thể chắc chắn. Nhưng ông có thể chắc chắn về điều gì? Ngay lúc đó, chỉ có một thứ: rằng ông đang lên kế hoạch cho dự án khoa học và triết học này. Ông đang nghĩ cách đến với những kiến thức nhất định, nhưng quan trọng hơn, ông đang nghĩ. *“Cogito, ergo sum,”* ông viết bằng tiếng Latin: “Tôi tư duy, vì thế, tôi tồn tại.” Tôi tồn tại vì tôi đang nghĩ những suy nghĩ này.

Lời khẳng định đơn giản này là điểm khởi đầu của Descartes. Điều đó hoàn toàn ổn, chúng ta có thể nói vậy, nhưng tiếp theo thì sao? Với Descartes, nó có một hệ quả tức thời và có ảnh hưởng rộng: tôi tồn tại vì tôi đang suy nghĩ, nhưng tôi có thể hình dung rằng tôi vẫn có thể suy nghĩ mà không cần cơ thể. Tuy nhiên, nếu

tôi có một cơ thể và tôi không thể suy nghĩ, tôi sẽ không biết điều ấy. Vì thế, cơ thể tôi và phần biết suy nghĩ (tâm trí, hoặc linh hồn tôi) hẳn phải tách rời và khác nhau. Đây là cơ sở của *thuyết nhị nguyên,* khái niệm cho rằng Vũ Trụ được tạo nên từ hai thứ hoàn toàn khác biệt: *vật chất* (ví dụ, cơ thể con người, hoặc ghế, đá, hành tinh, mèo và chó) và *tinh thần* (linh hồn hoặc tâm trí con người). Vì vậy, Descartes nhấn mạnh rằng tâm trí chúng ta, cách chúng ta biết rằng mình tồn tại, có một vị trí rất đặc biệt trong Vũ Trụ.

Con người trước và rất lâu sau thời của Descartes đã nhận ra rằng con người là một loài động vật đặc biệt. Chúng ta có khả năng làm được những việc mà không loài động vật nào khác làm được: đọc và viết, hiểu được những điều phức tạp của thế giới, chế tạo máy bay phản lực và bom nguyên tử. Sự đặc biệt không phải là phần khác thường trong thuyết phân chia tâm trí và cơ thể con người của Descartes. Bước tiến đáng ngạc nhiên nằm ở những việc ông làm với phần còn lại của thế giới, phần vật chất. Ông nói, tinh thần và vật chất là nguyên liệu của thế giới và vật chất là đối tượng của khoa học. Điều này có nghĩa là cách vận hành của những phần vật chất, không tư duy, của con người có thể được hiểu thông qua những khái niệm vật lý đơn giản. Và nó có nghĩa là tất cả các loài cây cỏ và động vật khác, những loài không có linh hồn, có thể được đơn giản hóa hoàn toàn thành vật chất đang làm công việc của chúng. Giống như cây và hoa, cá và voi nhìn chung cũng chỉ là những cỗ máy phức tạp. Theo Descartes, chúng là những thứ mà con người có thể hiểu được hoàn toàn.

Descartes biết về *automata,* những mô hình cơ khí giống con người được chế tạo đặc biệt để chuyển động và làm một số việc nhất định. Thời nay, chúng ta sẽ gọi chúng là các robot. Ví dụ, rất nhiều tháp đồng hồ ở thế kỷ 17 có những hình nhân cơ khí nhỏ, thường là một người đàn ông bước ra vào thời điểm bắt đầu một giờ mới để đánh một chiếc cồng. Chúng rất được ưa chuộng vào

thời của Descartes (và một số vẫn hoạt động ngày nay). Từ trước đó, người ta đã tự hỏi rằng, khi mà nhân loại đã có thể tạo ra những mô hình tinh xảo đến vậy, có thể cử động và bắt chước con người hoặc động vật, liệu công nghệ cơ khí hiện đại hơn có thể tiến xa hơn và tạo ra một con chó có thể ăn, sủa và cử động không. Descartes không hề có mong muốn tạo ra những thứ đồ chơi đó, nhưng trong tư duy của ông, thực vật và động vật cũng chỉ là các automata cực kì phức tạp, không có bất cứ cảm xúc thật nào mà chỉ có khả năng phản ứng với những gì diễn ra quanh chúng. Những cỗ máy này là vật chất, thứ mà các nhà khoa học có thể hiểu được dựa trên các nguyên lý cơ khí và hóa học. Descartes đã đọc cuốn sách của Harvey về các hoạt động "cơ khí" của tim và sự tuần hoàn của máu, và ông tin rằng những tri thức này cung cấp bằng chứng cho hệ thống của ông. (Những giải thích của riêng ông cho những gì diễn ra khi máu về tim, và tại sao máu tuần hoàn, đã bị lãng quên.) Descartes đã rất hy vọng rằng những ý tưởng như vậy có thể giúp giải thích được nhiều vấn đề sức khỏe và bệnh tật, và cuối cùng cho con người kiến thức về cách sống, nếu không phải vĩnh viễn, thì ít nhất cũng trong một thời gian rất dài.

Sau khi đã tự giải thích thỏa đáng rằng Vũ Trụ được tạo nên bởi hai thứ tách biệt, vật chất và tinh thần, Descartes tự hỏi thật ra tâm trí con người và cơ thể của nó kết nối với nhau như thế nào. Ông tự hỏi làm thế nào mà chúng *có thể* kết nối với nhau, nếu như vật chất là thực thể có tính chất vật lý học và chiếm không gian nhất định, và tâm trí là thứ ngược lại, không cố định ở không gian nào và cũng không cần nền tảng vật chất nào hết. Từ thời Hippocrates, người ta đã thường gắn khả năng suy nghĩ với bộ não. Một cú đánh mạnh vào đầu có thể khiến một người ngất xỉu, và nhiều thầy thuốc đã quan sát được rằng các vết thương và bệnh ở não dẫn đến những thay đổi về chức năng thần kinh. Có lúc, Descartes dường như đã nghĩ rằng linh hồn con người cư ngụ ở một tuyến nằm chính giữa bộ não, nhưng ông biết rằng, theo logic

của hệ thống mà ông đã tạo ra, vật chất và linh hồn không bao giờ có thể tương tác vật lý với nhau. Sau này, người ta gọi mô hình con người này là "hồn ma trong cỗ máy", có nghĩa là cơ thể giống cỗ máy của chúng ta theo một cách nào đó đã được điều khiển bởi một tâm trí giống hồn ma, hay linh hồn. Vấn đề khi đó là giải thích tại sao nhiều con chó, đười ươi, ngựa, và các loài động vật khác cũng có những khả năng thần kinh giống chúng ta mà không có "hồn ma" của riêng chúng. Chó và mèo có thể bộc lộ nỗi sợ hãi hoặc tức giận, và ít nhất là chó có vẻ có khả năng thể hiện tình yêu dành cho chủ. (Mèo thì hành động theo nguyên tắc của riêng chúng.)

Tâm trí tò mò của Descartes đặt câu hỏi về rất nhiều thứ khác: không đáng ngạc nhiên với một người đã viết cuốn sách mang tên *Le Monde (Thế giới)*. Ông chấp nhận ý tưởng của Copernicus về mối quan hệ giữa Trái Đất và Mặt Trời, nhưng ông đã cẩn thận hơn Galileo trong việc trình bày ý tưởng để không xúc phạm quyền lực của Giáo hội. Ông cũng viết về chuyển động, các vật thể rơi, và những vấn đề khác từng cuốn hút Galileo. Không may, mặc dù có một số người tin tưởng học theo ông vào thời đó, các ý tưởng của Descartes về cách thế giới vận động không thể cạnh tranh với các ý tưởng của những người khổng lồ như Galileo và Isaac Newton, và ngày nay chẳng mấy ai nhớ về vật lý học của Descartes.

Nếu như Descartes thua những người đàn ông xuất sắc khác trong môn vật lý học, thì, dù bạn có nhận ra hay không, bạn cũng đang đi theo từng bước của Descartes mỗi khi bạn giải một bài toán đại số hoặc hình học nào đó. Descartes đã có sáng kiến sử dụng `a, b, c` trong các bài toán đại số để đại diện cho những giá trị đã biết, và `x, y, z` để đại diện cho những giá trị chưa biết. Vì vậy, khi nào bạn được yêu cầu giải phương trình như `x = a + b^2^`, bạn đang tiếp tục truyền thống mà Descartes bắt đầu. Và khi bạn vẽ thứ gì đó trên một đồ thị, với một trục hoành và một trục tung, bạn cũng đang sử dụng sáng kiến của ông. Chính

Descartes đã giải nhiều bài toán đại số và hình học trong cuốn sách của ông về các môn này, xuất bản cùng với cuốn sách viết về thế giới.

Bằng cách tách biệt rạch ròi cơ thể và tâm trí, thế giới vật chất và thế giới tinh thần, Descartes nhấn mạnh tầm quan trọng của thế giới vật chất với khoa học. Thiên văn học, vật lý học, và hóa học nghiên cứu các vấn đề của vật chất. Sinh học cũng vậy, và nếu ý tưởng về cỗ máy–động vật của ông dường như quá gượng ép, các nhà sinh học và bác sĩ vẫn cố gắng tìm hiểu cách các loài thực vật và động vật hoạt động từ khía cạnh các phần vật chất của chúng. Không may cho Descartes, ý tưởng của ông, rằng y học sẽ nhanh chóng chỉ cho con người thấy cách sống lâu hơn, đã ra đời trước thời đại một chút. Bản thân Descartes có sức khỏe rất tốt cho đến khi ông nhận một lời mời đến Thụy Điển để dạy triết học và kiến thức của ông về thế giới cho nữ hoàng Thụy Điển. Nữ hoàng dậy sớm và nhấn mạnh rằng ông cần dạy học cho bà vào sáng sớm. Descartes ghét cái lạnh. Ông thậm chí không thể sống sót qua mùa đông đầu tiên ông sống ở Thụy Điển. Mắc phải một loại nhiễm trùng, ông mất vào tháng Hai năm 1650, bảy tuần sau sinh nhật lần thứ 54 của ông. Đó là một kết cục buồn cho một người tin rằng mình sẽ sống ít nhất một trăm năm.

Bacon và Descartes có những lý tưởng lớn cho khoa học. Họ khác nhau trong suy nghĩ về cách khoa học tiến lên, nhưng đều có lòng tin mạnh mẽ rằng nó phải tiến lên. Tầm nhìn của Bacon là khoa học cần như một tổ chức có nhiều người tham gia và được nhà nước tài trợ. Descartes lại thỏa mãn với việc tự mình nghiên cứu. Cả hai đều muốn người khác chấp nhận và phát triển tư tưởng của mình. Cả hai đều tin rằng khoa học là một hoạt động đặc biệt, cao cấp hơn hẳn những thứ nhàm chán của cuộc sống bình thường. Theo đó, nó xứng đáng được có một vị trí riêng và khoa học bổ sung cho kho tàng kiến thức và khả năng hiểu tự nhiên của chúng ta. Những tri thức như vậy có thể cải thiện đời

sống của chúng ta và phúc lợi của cộng

← Hay còn gọi là Đại Chưởng ấn, trong tiếng Anh là “Lord Chancellor”. Trong chính phủ Anh, Đại Pháp quan chịu trách nhiệm cho sự hoạt động hiệu quả và tính độc lập của các tòa án. (Theo trang web chính thức của Nghị viện Anh. Địa chỉ: <www.parliament.uk>)

Chương 15

“Hóa học mới”

Nếu bạn có một bộ đồ thí nghiệm hóa học, bạn có thể đã biết đến giấy quỳ. Những dải giấy đặc biệt này có thể cho bạn biết một dung dịch có tính acid hay tính kiềm. Nếu bạn pha ít giấm vào nước (khiến dung dịch này có tính acid), và nhúng giấy màu xanh lam vào dung dịch, nó sẽ chuyển sang màu đỏ. Nếu bạn thử với thuốc tẩy (có tính kiềm), mảnh giấy màu đỏ sẽ chuyển sang màu lam. Lần tới bạn sử dụng một mảnh giấy quỳ, hãy nghĩ tới Robert Boyle, người đã phát minh ra phép thử này hơn 300 năm trước.

Boyle (1627–1691) sinh ra trong một gia đình thượng lưu ở Ireland. Ông là con trai út, và không bao giờ phải lo lắng về tiền bạc. Không như nhiều người giàu có, Boyle luôn hào phóng với tài sản của mình, và ông quyên góp một phần đáng kể tài sản cho quỹ từ thiện. Ông chi tiền để Kinh Thánh được dịch sang một ngôn ngữ thổ dân ở châu Mỹ. Tôn giáo và khoa học giữ những vai trò quan trọng như nhau trong cuộc đời ông.

Ông dành một vài năm ở Eton, một trường dành cho giới tinh hoa ở Anh, sau đó du ngoạn ở châu Âu, nơi ông có một loạt những gia sư. Boyle quay về Anh khi Nội chiến đang diễn ra, một số người trong gia tộc của ông về phe Vua Charles I, và một số người lại về phe Nghị viện, những người tìm cách lật đổ nhà vua để thiết

lập thể chế cộng hòa. Chị ông thuyết phục ông theo phe Nghị viên, và thông qua bà, ông gặp nhà cải cách xã hội, chính trị và khoa học Samuel Hartlib. Giống Francis Bacon, Hartlib tin rằng khoa học có sức mạnh cải thiện cuộc sống của con người, và thuyết phục Boyle trẻ tuổi rằng nghiên cứu nông nghiệp và y học có thể đem đến những cải thiện đó. Boyle bắt đầu với y học và xem xét cách chữa trị cho rất nhiều căn bệnh, và có được niềm say mê trọn đời với hóa học trên hành trình đó.

Một số người theo tôn giáo sợ việc để bản thân họ hoặc con họ tiếp xúc với những tư tưởng mới vì họ nghĩ rằng chúng sẽ làm xói mòn đức tin tôn giáo của họ. Robert Boyle không phải là một người như vậy: đức tin tôn giáo của ông vững vàng đến mức ông đọc bất cứ thứ gì liên quan đến những mối quan tâm khoa học phong phú của mình. Descartes và Galileo là những nhân vật gây nhiều tranh cãi vào thời Boyle còn trẻ, nhưng ông nghiên cứu cả hai người này rất kĩ càng – ông đọc *Sứ giả sao* của Galileo năm 1642 ở Florence, cùng năm và nơi Galileo qua đời – và sử dụng hiểu biết sâu sắc của họ trong những nghiên cứu của chính mình. Boyle cũng quan tâm đến những người theo trường phái nguyên tử ở thời cổ đại (Chương 3), dù ông không hoàn toàn bị niềm tin của họ thuyết phục rằng Vũ Trụ chỉ bao gồm "nguyên tử và hư vô". Tuy nhiên, ông biết có những đơn vị vật chất cơ bản trong Vũ Trụ, mà ông gọi là các "tiểu thể", nhưng ông có thể tiếp tục nghiên cứu theo hướng này mà không cần những liên hệ vô thần của trường phái nguyên tử Hy Lạp cổ đại.

Boyle cũng không thỏa mãn với học thuyết bốn nguyên tố của Aristotle, và ông đã chứng minh bằng thí nghiệm rằng thuyết này không chính xác. Ông đốt một khúc gỗ tươi và chỉ ra rằng khói bay ra từ đó không phải là không khí. Cả chất lỏng ứa ra từ hai đầu của khúc gỗ cũng không phải là nước bình thường. Ngọn lửa thay đổi tùy thuộc vào nhiên liệu, nên đó không phải là lửa thuần túy, và tro tàn sót lại sau đó cũng không phải là đất. Bằng cách phân

tích cẩn thận kết quả của những thí nghiệm đơn giản này, Boyle đã cho thấy rằng một thứ thông thường như gỗ cũng không được tạo ra từ không khí, đất, lửa và nước. Ông cũng chỉ ra rằng một số chất, như vàng, không thể bị phân tích nhỏ hơn nữa. Khi bị nung nóng, vàng chuyển sang thể lỏng và chảy đi nhưng nó không thay đổi như gỗ khi bị đốt nóng: khi vàng nguội đi, nó lại trở về trạng thái ban đầu. Boyle nhận ra rằng những thứ xung quanh chúng ta trong cuộc sống hằng ngày, ví dụ như bàn và ghế gỗ, cùng mũ và áo len, được tạo ra từ rất nhiều thành phần khác nhau, nhưng chúng không thể được quy về bốn nguyên tố theo giả thuyết thời Hy Lạp cổ đại, hay ba nguyên tố của Paracelsus. Một số người tin rằng Boyle đã nghĩ ra định nghĩa hiện đại về nguyên tố hóa học. Chắc chắn ông đã tiến rất gần đến định nghĩa này khi ông mô tả các nguyên tố như những thứ "không được tạo thành từ những thực thể khác, hoặc từ nhau". Nhưng ông không phát triển ý tưởng này xa hơn, cũng không sử dụng nó trong các thí nghiệm hóa học của mình.

Thay vào đó, khái niệm của Boyle về "tiểu thể", một đơn vị vật chất, rất phù hợp với những mục đích thí nghiệm của ông. Boyle là một nhà thí nghiệm không biết mệt mỏi, dành hàng giờ trong phòng thí nghiệm riêng hoặc một mình hoặc với bạn bè, và các báo cáo thí nghiệm được viết tỉ mỉ trong những cuốn sách. Tính tỉ mỉ cũng góp phần khiến Boyle trở thành người đặc biệt trong lịch sử khoa học. Ông và những người bạn muốn khoa học có tính mở và đại chúng, và để những người khác có thể sử dụng những kiến thức họ đã thu được. Lúc này, việc tuyên bố tìm ra một vài bí mật sâu của tự nhiên, như Paracelsus đã làm, không còn là đủ nữa. Một nhà khoa học cần có khả năng chứng minh bí mật đó trước những người khác, hoặc đích thân hoặc thông qua những mô tả ở dạng văn bản.

Sự kiên định với tính mở này là một trong những quy tắc định hướng cho những nhóm khoa học mà Boyle tham gia. Nhóm đầu

tiên trong số này là một nhóm không chính thức ở Oxford, nơi ông sống vào những năm 1650; khi hầu hết các thành viên của nhóm chuyển đến London, họ kết hợp với những người khác để thành lập một tổ chức, vào năm 1662, mà sau đó trở thành Hội Hoàng gia London, ngày nay vẫn là một trong những hội khoa học hàng đầu thế giới. Họ biết rằng họ đang làm một việc mà Francis Bacon đã kêu gọi nửa thế kỷ trước. Boyle là ánh sáng dẫn đường cho hội này, hết lòng cống hiến cho sự nghiệp mở mang tri thức. Ngay từ đầu, những Hội hữu, cách người ta gọi những thành viên của Hội Hoàng gia, đã có niềm tin mãnh liệt rằng tri thức mới mà họ khám phá và thảo luận trong những cuộc họp sẽ có ích.

Một trong những cộng tác viên mà Boyle thích nhất là một người cũng có tên Robert, trẻ hơn ông vài tuổi: Robert Hooke (1635–1702). Hooke thậm chí còn thông minh hơn Boyle, nhưng không giống Boyle, ông xuất thân từ một gia đình nghèo. Ông luôn phải tự vươn lên bằng trí thông minh của mình. Ông được Hội Hoàng gia tuyển dụng để thực hiện các thí nghiệm trong mỗi cuộc họp của hội. Ông trở nên thành thạo việc phát minh và sử dụng tất cả các loại dụng cụ khoa học. Hooke nghĩ ra nhiều thí nghiệm; ví dụ, đo tốc độ của âm thanh, hoặc kiểm tra xem chuyện gì xảy ra khi truyền máu từ một con chó sang một con chó khác. Trong một số trường hợp, con chó được truyền máu dường như hoạt bát, giàu sinh khí hơn, và những nhà khoa học trong hội cảm thấy được động viên thực hiện thí nghiệm trên con người. Họ truyền máu từ một con cừu sang người, nhưng việc này thất bại; ở Paris cũng vậy, một người chết sau khi được truyền máu, nên những thí nghiệm này đã bị ngừng. Nhiệm vụ của Hooke trong những cuộc họp hằng tuần của Hội Hoàng gia là chuẩn bị hai hoặc ba thí nghiệm ít gây chết người hơn để giải trí và kích thích tinh thần các Hội hữu.

Hooke là một trong những “nhà bác học” đầu tiên tận dụng được kính hiển vi. (Từ “nhà bác học” – “savant” có nghĩa đen là

"người biết", và thuật ngữ này từng thường được sử dụng để chỉ những người mà ngày nay chúng ta sẽ gọi là nhà khoa học.) Ông sử dụng kính hiển vi để mở ra một thế giới mới của những thứ vô hình trước đôi mắt trần, khám phá những cấu trúc trong thực vật, động vật và những vật thể khác mà người ta không thể nào nhìn thấy nếu không có kính hiển vi. Các Hội hữu thích nhìn qua kính hiển vi trong các cuộc họp của họ, và bên cạnh những màn trình diễn của Hooke, họ cũng trao đổi rất nhiều với một chuyên gia sử dụng kính hiển vi người Hà Lan, Antonie van Leeuwenhoek (1632–1723). Leeuwenhoek là một thương nhân buôn vải vóc, nhưng khi rảnh ông mài và đánh bóng những thấu kính rất nhỏ mà có thể phóng to ảnh của đồ vật lên gấp hơn 200 lần. Ông phải làm một thấu kính mới cho mỗi lần quan sát, và đã làm tới hàng trăm thấu kính trong suốt cuộc đời mình. Ông đặt mỗi thấu kính lên một giá đỡ kim loại và vật nhỏ mà ông muốn tìm hiểu được đặt đằng sau giá. Ông tìm thấy những sinh vật tí hon trong nước ao, vi khuẩn trong mảng bám ở răng của chính ông, và nhiều thứ kì diệu khác. Hooke cũng tin rằng kính hiển vi của ông có thể đưa người quan sát đến gần với tự nhiên hơn, và những hình minh họa trong cuốn sách của ông, *Micrographia (Khảo sát bằng kính hiển vi),* xuất bản năm 1665 (đúng năm bùng phát Đại dịch London), đã tạo ra một hiện tượng. Nhiều hình minh họa trong số này trông rất kì cục đối với chúng ta, bởi chúng cho thấy những con côn trùng rất lớn, được phóng to, như ruồi hoặc chấy rận, và những hình minh họa này đã trở nên khá nổi tiếng. Ông cũng đưa vào cuốn sách này những gì mình quan sát và suy đoán về cấu trúc và chức năng của một số vật khác mà ông có thể nhìn thấy qua kính hiển vi. Ông cho người ta thấy bức hình một lát cắt mỏng của nút bần, làm từ gỗ của cây sồi bấc, vật liệu dùng để làm nút chai vang. Ông gọi những cấu trúc hộp rỗng nhỏ li ti mà ông nhìn thấy trong đó là "tế bào". Chúng thực ra không phải là những gì mà ngày nay chúng ta gọi là tế bào, nhưng cái tên ấy vẫn được sử dụng.

Boyle và Hooke có cùng một thiết bị cơ khí ưa thích: phiên bản chiếc bơm khí của riêng họ. Cái bơm khí của Hooke và Boyle hoạt động tương tự những chiếc bơm mà ngày nay chúng ta dùng để bơm lốp xe đạp hoặc quả bóng. Nó có một khoang rỗng lớn ở giữa, với một phần nút chặt có thể mở được ở phía trên, và một lỗ mở khác ở đáy, ở đó có một van cho phép không khí vào hoặc ra. Dù có thể không có gì hấp dẫn lắm, nhưng chiếc bơm đã giúp giải quyết một trong những câu hỏi lớn của khoa học vào thời kỳ đó: liệu có thể tạo ra chân không, tức là một không gian hoàn toàn rỗng, thậm chí không có cả không khí. Descartes đã nhấn mạnh rằng chân không không thể tồn tại ("Tự nhiên ghét cay ghét đắng chân không" là một câu nói thông dụng để diễn đạt ý kiến này). Nhưng Boyle lập luận rằng, nếu ở cấp độ cơ bản nhất, vật chất được tạo ra từ các tiểu thể riêng biệt ở các dạng khác nhau, thì hẳn phải có khoảng trống giữa chúng. Nếu một thứ gì đó như nước được đun nóng đến khi bốc hơi và chuyển sang thể khí, thì nó vẫn chỉ là những tiểu thể ban đầu, nhưng lượng khí lúc này chiếm nhiều không gian hơn lượng chất lỏng ban đầu. Sau rất nhiều thí nghiệm đun nóng chất lỏng thành chất khí, ông thấy rằng tất cả các chất khí đều hoạt động như nhau khi chúng ở bên trong bơm khí. Boyle và Hooke đi đến kết luận mà ngày nay vẫn được biết đến với cái tên Định luật Boyle. Ở một nhiệt độ không đổi, thể tích của bất cứ khí nào cũng đều có một mối liên hệ toán học với áp suất mà khi đó đang chịu. Chúng ta nói rằng thể tích của nó chịu ảnh hưởng trực tiếp của áp suất xung quanh. Như vậy, nếu bạn tăng áp suất bằng cách giảm không gian mà khí đó đang chiếm, khí sẽ co lại cho vừa với không gian cho phép. (Nếu bạn tăng nhiệt độ, khí nở ra, và một áp suất mới sẽ bắt đầu tác động lên khí, nhưng vẫn theo nguyên tắc đó.) Sau này, Định luật Boyle sẽ đóng góp vào quá trình phát triển động cơ hơi nước, nên hãy nhớ đến ông khi chúng ta đến phần đó.

Boyle và Hooke sử dụng bơm khí để tìm hiểu các tính chất của

nhiều loại khí, bao gồm cả "không khí" mà chúng ta thở. Nhớ rằng, không khí đã từng là một trong những yếu tố cơ bản của những Đấng lỗi lạc thời cổ đại, nhưng dần dần nhiều người ở thế kỷ 17 đã thấy rõ rằng không khí bao quanh chúng ta và giữ cho chúng ta sống được không phải là một chất đơn lẻ. Nó rõ ràng tham gia vào hoạt động thở, vì chúng ta hút không khí vào phổi khi chúng ta hít thở. Nhưng nó còn có tác dụng gì? Boyle và Hooke, ở góc độ cá nhân lẫn nhóm, đều quan tâm đến những gì xảy ra khi một miếng gỗ hoặc than củi cháy. Họ cũng đặt câu hỏi tại sao máu có màu đỏ thẫm trước khi đi vào phổi và có màu đỏ tươi khi ra khỏi phổi. Hooke kết nối hai câu hỏi này với nhau và đặt ra giả thuyết rằng hiện tượng xảy ra bên trong phổi là một dạng thiêu đốt đặc biệt, với "không khí" là chất kết nối hoạt động thở và hiện tượng cháy. Hooke chỉ đi đến giả thuyết như vậy, không hơn, nhưng những vấn đề quanh thành phần và bản chất của "không khí", cũng như những gì xảy ra trong hoạt động hô hấp (thở) và thiêu đốt, tiếp tục gây tò mò cho những nhà khoa học trong suốt hơn một thế kỷ sau Boyle và Hooke, khi người ta lặp lại và phát triển các thí nghiệm của hai người này.

Hiếm có lĩnh vực khoa học nào mà Robert Hooke chưa từng nghĩ tới. Ông phát minh ra một chiếc đồng hồ cá nhân chạy bằng một bộ lò xo (một bước cải tiến vĩ đại cho việc căn giờ giấc), suy nghĩ về nguồn gốc của hóa thạch, và nghiên cứu bản chất của ánh sáng. Ông cũng có những ý tưởng xuất sắc về một vấn đề mà chúng ta đã gặp trước đây, và sẽ tìm hiểu kĩ hơn trong chương tiếp theo: vật lý học về chuyển động và lực. Hooke nghiên cứu những chủ đề này cùng lúc với Isaac Newton. Và như chúng ta sẽ thấy sau đây, chính Newton là một trong những lý do khiến cho tất cả mọi người đều biết đến Sir§ Isaac Newton, nhưng chẳng mấy ai biết ông Hooke.

← "Sir" là tước hiệu danh dự do Hoàng gia Anh phong cho những cá nhân có cống hiến cho xã hội.

Chương 16

Thứ gì đi lên…

Newton

Tôi nghi ngờ liệu bạn đã từng gặp ai đó thông minh như Isaac Newton – tôi thì chưa. Bạn có thể đã gặp ai đó khó ưa như ông ấy. Ông không ưa hầu hết mọi người, thường nổi cơn tam bành, và nghĩ rằng gần như tất cả mọi người đều quyết tâm hại ông. Ông hay giấu giếm, tự phụ và quên bữa. Ông có rất nhiều tính cách khó ưa, nhưng ông *đúng là* thông minh, và nhờ sự thông minh mà ông được nhớ tới tận ngày nay, mặc dù rất khó để hiểu được những gì ông nghĩ và viết.

Isaac Newton (1642–1727) có thể vẫn là người có tính khí khó chịu bất kể chuyện gì xảy đến với ông, nhưng thật ra tuổi thơ của ông rất tồi tệ. Cha ông mất khi ông còn chưa ra đời, và mẹ ông, người không hề nghĩ rằng ông sẽ có thể sống được, đã để mặc ông với cha mẹ của bà sau khi tái hôn và có một gia đình khác. Ông ghét cha dượng, không thích ông ngoại, và cũng chẳng ưa mẹ hay bà ngoại. Thực tế, ngay từ nhỏ, ông đã bắt đầu ghét người. Ông thích ở một mình hơn, khi còn là một đứa trẻ cũng như khi đã rất già. Tuy nhiên, rõ ràng ông rất thông minh, và ông được gửi tới trường ngữ pháp ở Grantham, gần nơi ông sống là Lincolnshire. Ông học giỏi tiếng Latin (ông có thể viết bằng tiếng Latin dễ dàng

như viết tiếng Anh), nhưng ông dành phần lớn thời gian tại trường để làm đồng hồ và các món đồ cơ khí khác, và dựng các đồng hồ Mặt Trời.

Ông cũng chỉ làm việc riêng của mình khi ông học lên Trường Trinity, thuộc Đại học Cambridge, vào năm 1661. Nhiệm vụ của ông là đọc sách về những bậc thầy thời cổ đại như Aristotle và Plato. Ông đúng là có đọc một chút về họ (ông là một người ghi chú tỉ mỉ, vì thế chúng ta biết rằng ông có đọc), nhưng những nhân vật ông ưa thích lại là những người hiện đại: Descartes, Boyle và những đại diện khác của khoa học mới. Chỉ đọc thôi cũng ổn, nhưng ông muốn tự mình khám phá. Để làm được điều này, ông đã tự nghĩ ra nhiều thí nghiệm mới, nhưng thiên tài vĩ đại nhất của ông là ở môn toán học và cách sử dụng nó để hiểu hơn về Vũ Trụ.

Newton đã giải quyết được rất nhiều ý tưởng trong vài năm làm việc với năng suất cao đến mức khó tin. Không một nhà khoa học nào trừ Einstein (Chương 32) từng làm được nhiều đến vậy trong một khoảng thời gian ngắn như thế. Những năm rực rỡ nhất của Newton là 1665 và 1666. Một phần thời gian này ông sống ở nhà của mẹ ông tại Woolsthorpe, Lincolnshire, bởi dịch hạch đang quét qua nước Anh vào thời gian đó đã dẫn đến việc Đại học Cambridge phải đóng cửa và cho sinh viên về nhà. Chính trong giai đoạn này, Newton nhìn thấy những quả táo chín rơi từ trên cây xuống trong vườn nhà mẹ ông. Có lẽ nó không kịch tính như những câu chuyện người ta kể, nhưng việc này thật sự đã gợi ông nhớ đến một vấn đề vẫn cần được giải thích: tại sao mọi thứ rơi xuống đất.

Ông bận bịu với nhiều vấn đề khoa học trong giai đoạn này. Lấy toán học làm ví dụ. Galileo, Descartes, và nhiều triết gia tự nhiên (chính là những nhà khoa học) khác đã tiến những bước vĩ đại trong việc phát triển toán học như một bộ môn khoa học, và quan trọng hơn, trong việc sử dụng nó để hiểu được những kết quả

quan sát và thí nghiệm của họ. Newton còn là một nhà toán học giỏi hơn thế, và ông xuất sắc trong việc sử dụng toán vào khoa học của ông. Để mô tả những thứ như chuyển động và lực hấp dẫn bằng toán học, đại số và hình học là không đủ. Bạn phải có cách để xem xét những đơn vị thời gian và chuyển động rất nhỏ: thực tế, phải là một lượng vi phân. Khi nghiên cứu một viên đạn bắn ra từ một khẩu súng, hay một quả táo rơi xuống từ một cành cây, hoặc một hành tinh quay quanh Mặt Trời, bạn phải tập trung vào khoảng cách chúng đi được trong khoảng thời gian nhỏ nhất mà con người có thể nhận thức được. Nhiều triết gia tự nhiên trước Newton đã nhìn thấy vấn đề này và nghĩ ra nhiều giải pháp khác nhau. Nhưng Newton, khi mới ngoài 20 tuổi, đã phát triển các công cụ toán học của riêng ông để giải quyết vấn đề. Ông gọi phương pháp này là *fluxion* (vi phân), bắt nguồn từ "flux" có nghĩa là thứ gì đó luôn thay đổi. Vi phân của Newton đảm nhiệm loại tính toán mà chúng ta vẫn làm ngày nay ở một nhánh toán học gọi là giải tích. Đến tháng Mười năm 1666, khi ông hoàn thành một bài nghiên cứu khoa học chỉ để thỏa mãn chính mình, ông đã là nhà toán học xuất sắc nhất châu Âu, nhưng không ai ngoài Newton biết điều này. Ông đã không công bố những khám phá toán học của mình ngay, thay vào đó, ông sử dụng chúng, và cuối cùng chỉ chia sẻ những phương pháp và kết quả của ông với những người quen biết.

Bên cạnh toán học, Newton bắt đầu nghiên cứu ánh sáng. Từ thời cổ đại, người ta vẫn luôn cho rằng ánh sáng Mặt Trời có màu trắng, thuần khiết, và đồng nhất (Có nghĩa là được tạo thành từ chỉ một thứ). Người ta nghĩ rằng màu sắc được tạo ra từ những biến thể của ánh sáng thuần khiết này. Newton nghiên cứu những công trình về ánh sáng của Descartes và lặp lại một số thí nghiệm của Descartes. Ông sử dụng thấu kính và sau đó là một vật bằng kính khác gọi là lăng kính, có thể phân tách ánh sáng. Trong một thí nghiệm nổi tiếng, ông cho một tia sáng mảnh đi vào phòng tối,

qua một lăng kính, rồi chiếu lên một bức tường cách đó gần 7 mét. Nếu ánh sáng đồng nhất, như Descartes và nhiều người khác đã nghĩ, hình ảnh thu được trên tường phải là một hình tròn nhỏ màu trắng, cùng hình dạng với lỗ nhỏ mà tia sáng đã đi qua. Nhưng thay vào đó, ánh sáng hiện lên trên tường là một dải rộng nhiều màu. Newton không hẳn đã tạo ra một cầu vồng, nhưng ông đang tìm cách giải thích các cầu vồng được tạo ra như thế nào.

Trong những năm đại dịch hoành hành, ông cũng xúc tiến công trình về cơ học của mình những định luật chi phối những vật thể chuyển động. Chúng ta đã thấy cách Galileo, Kepler, Descartes và những người khác phát triển những ý tưởng để giải thích (và diễn đạt trên giấy bằng toán học) chuyện gì xảy ra khi một quả đạn đại bác được bắn đi, hay Trái Đất quay quanh Mặt Trời. Robert Hooke cũng quan tâm đến chủ đề này. Newton đọc những tài liệu do những người đó viết, nhưng ông cũng tiến xa hơn họ. Ông đã từng viết cho Hooke rằng, "Nếu tôi có nhìn được xa hơn, đó là nhờ đứng trên vai những người khổng lồ." Bạn có nhớ những lần được ngồi trên vai bố? Đột nhiên, việc bạn được cao hơn gấp hai đến ba lần mở ra tất cả những thứ mà bạn không thể tự mình nhìn thấy. Và đó chính là những gì Newton đang nói đến. Hình ảnh kì diệu của ông mô tả cách mỗi nhà khoa học, và mỗi thế hệ các nhà khoa học, có thể được lợi như thế nào từ những hiểu biết sâu rộng của những người đi trước. Đó là bản chất của khoa học.

Nhưng chính Newton cũng là một người khổng lồ, và ông biết điều đó. Các vấn đề chỉ phát sinh khi Newton cảm thấy người khác không nhận ra điều này. Các rắc rối của Newton với Robert Hooke bắt đầu khi Newton gửi bài nghiên cứu đầu tiên của mình đến Hội Hoàng gia. Hội Hoàng gia đã làm công việc mà những tạp chí khoa học uy tín ngày nay vẫn làm: gửi bài báo đến một chuyên gia khác để người đó nhận xét. Chúng ta gọi đây là "bình duyệt", và quá trình này là một phần của tính mở mà các nhà khoa học lấy làm tự hào. Hội Hoàng gia chọn Hooke làm người bình duyệt bài nghiên

cứu đó vì ông cũng nghiên cứu ánh sáng. Newton không ưa các nhận xét của Hooke chút nào, và thậm chí muốn từ bỏ tư cách Hội hữu của Hội Hoàng gia. Hội Hoàng gia lặng lẽ phớt lờ bức thư xin từ bỏ tư cách thành viên của ông.

Sau sự bùng nổ năng lượng sáng tạo đáng kinh ngạc của ông vào những năm 1660, Newton hướng chú ý sang những vấn đề khác, bao gồm giả kim thuật và thần học. Như mọi lần, ông giữ những ghi chú cẩn thận về những tài liệu ông đã đọc và các thí nghiệm đã làm, những ghi chú mà ngày nay những người muốn hiểu rõ tư duy của Newton trong lĩnh vực này vẫn đọc. Vào thời của mình, Newton giữ kín những suy nghĩ và nghiên cứu này, đặc biệt là quan điểm tôn giáo của ông, những quan điểm khác với các tư tưởng của Giáo hội Anh. Đại học Cambridge thời đó yêu cầu sinh viên phải đồng ý với các niềm tin của Giáo hội. May mắn cho Newton và cho khoa học, ông có nhiều người ủng hộ đầy quyền lực ở trường đại học, vậy nên có thể trở thành một Viện sĩ của Trường Trinity, và sau đó được bầu là Giáo sư Toán học Lucasian§, mà không cần phải thề nguyện rằng ông tin vào tất cả các tư tưởng của Giáo hội. Ông giữ vị trí giáo sư này trong hơn 20 năm. Không may, ông là một giảng viên rất tệ, và sinh viên của ông không thể hiểu nổi ông đang nói về điều gì. Thỉnh thoảng, khi ông đến giảng đường, không có một sinh viên nào ở đó để ông giảng bài cho. ng luôn nói về những chủ đề chính thống như ánh sáng và chuyển động, chứ không phải giả kim thuật và thần học mà ông đang bí mật theo đuổi – có lẽ những chủ đề đó sẽ khiến sinh viên hứng thú hơn nhiều!

Đến giữa những năm 1680, nghiên cứu của Newton về toán học, vật lý học và thiên văn học dần được nhiều người biết đến. Ông đã viết rất nhiều bài nghiên cứu khoa học và công bố một vài bài trong số đó, nhưng ông thường lưu ý rằng ông nghiên cứu khoa học chỉ để cho chính ông, hoặc cho những người xuất hiện sau khi ông qua đời. Năm 1684, nhà thiên văn hoc Edmund Halley đến

thăm Newton ở Cambridge. (Hãy để ý sao chổi Halley, được đặt theo tên của Edmund Halley, vào năm 2061, tức lần tiếp theo người ta có thể quan sát nó từ Trái Đất.) Halley và Hooke khi đó đang thảo luận về hình dạng quỹ đạo của một vật chuyển động quanh một vật khác (ví dụ như Trái Đất quay quanh Mặt Trời, hay Mặt Trăng quay quanh Trái Đất). Ho đặt ra nghi vấn liệu lực hấp dẫn có ảnh hưởng tới đường đi của vật thể, theo cách mà chúng ta ngày nay gọi là "Định luật bình phương nghịch đảo". Lực hấp dẫn chỉ là một trong nhiều ví dụ về định luật này. Nó có nghĩa là độ lớn của lực hấp dẫn giảm tỉ lệ thuận với bình phương khoảng cách giữa hai vật thể, và tất nhiên, tăng lên cũng theo tỉ lệ đó khi hai vật thể đến gần nhau. Lực hấp dẫn ảnh hưởng chung lên cả hai vật thể, nhưng khối lượng của hai vật thể cũng quan trọng. Nếu một vật, ví dụ như Trái Đất, rất lớn, và vật còn lại, ví dụ như quả táo, rất nhỏ, Trái Đất sẽ gần như đảm nhận toàn bộ nhiệm vụ hấp dẫn. Chương 12 đã giải thích cách Galileo sử dụng một hàm "bình phương" trong nghiên cứu của ông về vật rơi tự do. Chúng ta cũng sẽ thấy nó trong các chương tiếp theo, bởi Tự Nhiên dường như thích mọi thứ phải xảy ra theo một hàm bình phương, bất kể là bình phương thời gian, gia tốc, hay sự hấp dẫn. Khi bạn làm tính với các số bình phương (ví dụ, $3 \times 3 = 9$, hoặc 3^2), nhớ rằng Tự Nhiên có thể đang mỉm cười đấy.

Chuyến viếng thăm của Halley khiến Newton gác lại nghiên cứu về giả kim thuật và thần học. Ông bắt đầu nghiên cứu và cho ra đời cuốn sách vĩ đại nhất của mình, một trong những cuốn sách quan trọng nhất trong lịch sử khoa học, mặc dù nó không hề dễ đọc. Ngày nay, nó được biết đến với cái tên *Principia* nhưng tên đầy đủ bằng tiếng Latin của nó (Newton viết cuốn sách bằng tiếng Latin) là _Philosophiae naturalis principia mathematica ("Những nguyên lý toán học của triết học tự nhiên"). (Hãy nhớ rằng triết học tự nhiên là cách cũ để gọi khoa học). Cuốn sách của Newton ghi chép chi tiết cách áp dụng toán học mới của ông, và giải thích

bản chất nhiều khía cạnh vật lý bằng các con số thay vì những mô tả dài dòng. Chỉ một vài người có thể thông hiểu cuốn sách ở thời của Newton, nhưng thông điệp của nó được trân trọng trên quy mô rộng hơn nhiều. Cuốn sách mở ra một cách mới để nhìn nhận và mô tả Vũ Trụ.

Nhiều khía cạnh trong quan điểm của Newton về thế giới và bầu trời được hàm chứa trong ba định luật về chuyển động đã được viết trong *Principia.* Định luật thứ nhất của ông phát biểu rằng mọi vật thể hoặc giữ nguyên vị trí, hoặc chuyển động đều theo một đường thẳng trừ phi có một lực nào đó tác động lên nó. Một viên đá trên sườn núi sẽ nằm ở đó mãi mãi trừ phi gió, mưa, hoặc con người, làm nó chuyển động; và, khi không có sự cản trở nào (ma sát), viên đá sẽ chuyển động theo đường thẳng mãi mãi.

Định luật thứ hai của ông phát biểu rằng nếu một vật đang chuyển động, một lực có thể thay đổi vận tốc hoặc hướng của nó. Độ lớn của vận tốc khi ấy phụ thuộc vào độ lớn của lực, và hướng mới của vật đi theo một đường thẳng, cùng hướng của lực mới. Như vậy, nếu bạn đập một quả bóng bay đang rơi xuống từ một bên, nó sẽ chuyển động sang bên kia; nếu bạn đập nó từ trên xuống, nó sẽ chuyển động xuống nhanh hơn.

Định luật thứ ba về chuyển động của ông phát biểu rằng với bất cứ lực nào, luôn có một phản lực theo chiều ngược lại với độ lớn tương đương. Điều này có nghĩa là hai vật thể luôn tác động lên nhau với lực lớn như nhau nhưng theo chiều ngược nhau. Bạn có thể đập một quả bóng bay, và nó sẽ chuyển động ra xa khỏi bàn tay bạn, nhưng nó cũng tác động lại tay bạn (bạn sẽ cảm nhận được điều này). Nếu bạn đập một tảng đá lớn, tảng đá sẽ không chuyển động, nhưng tay bạn có thể bị đau và bật ngược lại. Lý do là những vật nhẹ khó gây ảnh hưởng lên những vật nặng, nhưng ngược lại vật nặng dễ gây ảnh hưởng lên vật nhẹ. (Chúng ta đã thấy rằng lực hấp dẫn cũng vận động theo nguyên lý này.)

Ba định luật này cũng giải quyết được nhiều câu hỏi của các triết gia tự nhiên thời trước. Trong tay Newton, chúng giải thích được rất nhiều hiện tượng quan sát được, từ chuyển động của các hành tinh cho đến đường bay của một mũi tên được bắn đi từ một cây cung. Các định luật về chuyển động cho phép người ta nhìn thế giới như một cỗ máy khổng lồ, hoạt động đều đặn, như một chiếc đồng hồ căn được thời gian chính xác nhờ các lò xo, tay đòn và trục máy. Cuốn *Principia* của Newton được công nhận là một công trình trí tuệ thiên tài có mức ảnh hưởng cực lớn. Nó biến người đàn ông sống ẩn mình, có nhiều vấn đề này thành một người nổi tiếng. Phần thưởng cho ông là một vị trí được trả công hậu hĩnh, Tổng đốc Sở đúc tiền, nơi chính phủ đúc các đồng xu và điều tiết nguồn tiền của quốc gia. Newton chủ động làm công việc này với đầy nhiệt huyết và cảm giác tận hưởng, tìm ra những kẻ làm tiền giả và giám sát nguồn tiền quốc gia. Ông phải chuyển tới London, do đó ông xin chấm dứt mọi trách nhiệm tại Cambridge và dành 30 năm cuối cuộc đời ở thủ đô, trở thành Chủ tịch của Hội Hoàng gia.

Trong những năm ở London, ông đã chỉnh sửa đáng kể cuốn *Principia,* bổ sung một số nghiên cứu sâu hơn của ông, đồng thời trả lời rất nhiều phản biện khác nhau mà người ta đưa ra từ khi cuốn sách được xuất bản. Các nhà khoa học thường làm như vậy. Không lâu sau khi Robert Hooke qua đời, Newton xuất bản cuốn sách khoa học quan trọng thứ hai của ông, *Opticks* (1704), viết về ánh sáng. Trước đó, Newton và Hooke đã gây gổ với nhau nhiều lần về việc ai trong số họ đã làm gì trước, và làm thế nào hiểu được những kết quả thí nghiệm về bản chất và cách vận động của ánh sáng. Gần 40 năm trước đó, Newton đã làm nhiều phần của công việc nghiên cứu cho cuốn sách này, nhưng ông ngại xuất bản chúng khi Hooke còn sống. Giống *Principia, Opticks* rất quan trọng. Chúng ta sẽ gặp một vài kết luận của nó trong những chương sau, khi các nhà khoa học khác đứng trên vai của Newton.

Newton là nhà khoa học đầu tiên được phong tước hiệp sĩ, trở thành Sir Isaac. Ông tận hưởng quyền lực, nhưng không nhiều hạnh phúc. Ông không phải người dễ chịu trong mắt người khác, nhưng ông là một người vĩ đại, một trong những nhà khoa học sáng tạo nhất từng sống trên đời, được vinh danh bởi những đóng góp hết sức to lớn cho hiểu biết của chúng ta về Vũ Trụ. *Principia* của Newton là đỉnh cao của thiên văn học và vật lý học mà trước đó đã được Galileo, Kepler, Descartes và những nhà khoa học khác theo đuổi. Trong cuốn sách của ông, Newton đưa bầu trời và Trái Đất về một hệ thống, bởi các định luật của ông có thể ứng dụng khắp Vũ Trụ. Ông đưa ra những giải thích bằng toán học và vật lý học cho cách các hành tinh chuyển động và cách các vật thể rơi xuống Trái Đất. Ông đã đặt những nền móng cho vật lý học mà các nhà khoa học đã sử dụng cho đến thế kỷ 20, khi Einstein và các nhà khoa học khác cho thấy rằng Vũ Trụ thậm chí còn có nhiều hơn cả những gì Sir Isaac đã tưởng tượng.

← Giáo sư Toán học Lucasian là một danh hiệu giáo sư ở Đại học Cambridge. Theo tờ *Daily Telegraph,* đây là một trong những vị trí hàn lâm danh giá nhất trên thế giới.

Chương 17

Những tia chớp sáng

Đã bao giờ bạn tự hỏi một ánh chớp thực sự là gì, và tại sao tiếng ầm của sấm lại đến sau đó? Những màn trình diễn bạo liệt của sấm và chớp diễn ra tít trên bầu trời, và khá kịch tính, ngay cả khi bạn biết điều gì tạo ra chúng. Cũng như những tia sét luôn tìm đường xuống mặt đất, đến đầu thế kỷ 18, các nhà khoa học đã bắt đầu đặt nhiều câu hỏi về hiện tượng này và thứ quen thuộc hơn nhiều đó là điện.

Một câu hỏi khác là về thứ mà sau này được gọi là từ. Người Hy Lạp cổ đại đã biết rằng nếu bạn chà lên hổ phách (một loại đá trang sức màu vàng không quá quý giá) thật mạnh, nó sẽ hút những vật nhỏ gần nó. Người ta khó có thể hiểu nguồn gốc của năng lực này. Nó có vẻ khác với năng lực vĩnh viễn của một loại đá khác, đá nam châm, năng lực hút những vật chứa sắt. Cũng như một ngôi sao dẫn đường cho người ta biết hướng đi (đặc biệt là sao Bắc Đẩu), đá nam châm cũng dẫn đường cho những người lữ khách: nó là một mảnh kim loại đặc biệt, nếu được treo để quay tự do, nó sẽ luôn chỉ về các cực từ của Trái Đất. Đá nam châm cũng có thể được dùng để từ hóa các cây kim, và đến thời của Copernicus, vào giữa thế kỷ 16, những la bàn thô đã được những người đi biển sử dụng để giúp họ định hướng, vì một đầu của kim

la bàn luôn chỉ về hướng Bắc. Một bác sĩ người Anh tên William Gilbert đã viết về điều này vào năm 1600, khi từ "từ" đã ra đời. Cả điện và từ đều có thể tạo ra những hiệu ứng có tính giải trí và đều là chủ đề được ưa thích trong các bài giảng khoa học lẫn các trò chơi sau bữa tối.

Không lâu sau, người ta tạo ra những hiệu ứng mãnh liệt hơn bằng cách xoay một quả cầu thủy tinh trên một điểm và chà xát nó khi nó quay. Bạn có thể cảm nhận và thậm chí nghe thấy tiếng tia lửa điện khi chúng được tạo ra trên thủy tinh. Thiết bị này trở thành nền tảng cho cái mà người ta gọi là bình Leyden, được đặt tên theo thị trấn ở Hà Lan nơi nó được một giáo sư đại học phát minh vào khoảng năm 1745. Nước được đổ vào đến một nửa bình, và kết nối với một máy phát điện bằng một sợi dây. Phần kết nối được gọi là "vật dẫn" bởi nó cho phép năng lượng bí ẩn kia truyền được vào nước trong bình, nơi năng lượng này được lưu trữ. ("Dẫn" có nghĩa là "dẫn đường".) Khi một người trợ lý phòng thí nghiệm chạm vào mé bình và một đầu vật dẫn, anh ta bị điện giật choáng váng đến mức anh ta tưởng đời mình thế là hết. Báo cáo của thí nghiệm này gây xôn xao dư luận và bình Leyden trở thành chủ đề rất được ưa thích. Mười thầy tu từng có lần nối tay với nhau và khi người đầu tiên chạm tay vào bình và vật dẫn, họ bị điện giật cùng lúc. Dường như một cơn sốc điện giật có thể truyền từ người này sang người khác.

Chính xác chuyện gì đã xảy ra? Ngoài những trò giải trí, đây có những vấn đề khoa học nghiêm túc. Có rất nhiều giả thuyết xung quanh các hiện tượng ấy, nhưng một người đã đem đến chút trật tự cho bộ môn này là Benjamin Franklin (1706–1790). Bạn có thể biết đến ông như một nhà yêu nước người Mỹ, người đã giúp viết nên *Tuyên ngôn Độc lập* (1776), khi Hợp chủng quốc Hoa Kỳ giành được độc lập khỏi Đế quốc Anh. Ông là một người hóm hỉnh, được nhiều người yêu quý với nhiều lời thông tuệ mà đơn giản, ví dụ như "Thời gian là tiền bạc," và "Trong thế giới này, chẳng thể nói

thứ gì là chắc chắn, ngoại trừ cái chết và thuế.” Lần tiếp theo bạn ngồi trên một chiếc ghế lắc lư, hay nhìn thấy một người đeo kính đa tròng, hãy nghĩ đến ông: ông đã phát minh ra cả hai thứ này.

Hầu như tự học, Franklin am hiểu về rất nhiều thứ, bao gồm khoa học. Ông cảm thấy thoải mái như ở nhà khi sống trên đất Pháp, Anh và Mỹ, và thực hiện thí nghiệm khoa học nổi tiếng nhất của mình, thí nghiệm với sét, lúc đang ở Pháp. Giống nhiều người sống ở những năm 1740 và 1750, Franklin tò mò với các bình Leyden và những gì chúng có thể làm được. Trong tay ông, chúng thể hiện vượt xa những gì người ta nghĩ đến trước đó. Đầu tiên, ông nhận ra rằng các vật có thể mang những điện tích âm hoặc dương, như bạn có thể thấy chúng được đánh dấu bằng dấu “+” và “-” ở hai đầu của một cục pin. Ông nói rằng trong bình Leyden, dây dẫn và nước trong bình được “điện hóa thành điện tích dương, hay cộng” và bề mặt bên ngoài mang điện tích âm. Điện tích âm và dương có cùng độ lớn nên chúng trung hòa lẫn nhau. Những thí nghiệm tiếp theo thuyết phục ông rằng sức mạnh thật sự của bình Leyden nằm ở chất thủy tinh, và ông tạo ra một loại pin (ông là người nghĩ ra từ này) bằng cách đặt một miếng thủy tinh vào giữa hai thanh chì. Khi ông kết nối thiết bị này với một nguồn điện, “pin” này có thể giải phóng ra điện. Tiếc rằng, ông không theo đuổi nghiên cứu này sâu hơn.

Franklin không phải là người đầu tiên đặt câu hỏi về mối quan hệ giữa tia lửa điện do máy móc sinh ra trên mặt đất và tia lửa điện trên bầu trời, chính là sét. Nhưng ông là người đầu tiên áp dụng những gì mình biết được về bình Leyden để cố gắng hiểu xem chúng có mối liên hệ với nhau như thế nào. Ông nghĩ ra một thí nghiệm thông minh (nhưng nguy hiểm). Ông lý luận rằng điện trong khí quyển sẽ tích tụ ở rìa đám mây, giống như điện trong bình Leyden. Nếu hai đám mây va vào nhau, khi chúng bay qua bầu trời trong một cơn giông sét, sẽ có sự phóng điện – một tia chớp. Bằng cách thả một con diều trong một cơn giông như vậy,

ông có thể chứng minh rằng mình đúng. Người thả diều phải được cách điện bằng phương pháp phù hợp (sử dụng một tay cầm bằng sáp để giữ dây diều) và "nối đất" (bằng một đầu dây nối vào anh ta và để thả đầu còn lại trên mặt đất). Không có những biện pháp ngăn ngừa này, cú sốc điện có thể giết chết anh ta, và quả thực, một người thử nghiệm xấu số đã chết bởi anh ta không làm theo hướng dẫn của Franklin. Thí nghiệm với diều thuyết phục Franklin rằng điện của sét cũng giống điện trong bình Leyden.

Đầu tiên là lực hấp dẫn, giờ là điện: những thứ trên bầu trời và dưới mặt đất đang được đưa tới gần nhau hơn bao giờ hết.

Nghiên cứu của Franklin về điện đã đem đến các kết quả tức thì. Ông chứng minh rằng một cột kim loại có đầu nhọn truyền được điện xuống mặt đất. Do đó, nếu một cột như vậy được đặt trên nóc một tòa nhà, với một đường dây được cách điện dẫn từ cột đó xuống mặt đất, sét sẽ được dẫn khỏi tòa nhà, và tòa nhà sẽ không bắt cháy nếu bị sét đánh. Đây vốn là một vấn đề nghiêm trọng khi các căn nhà được xây dựng hầu như bằng gỗ và đôi khi còn có mái rơm. Các cột thu sét, chúng vẫn được gọi như vậy cho đến ngày nay, hoạt động dựa trên nguyên lý này, và thậm chí bây giờ chúng ta còn sử dụng từ "nối đất" cho phần dây cách điện trong những phích cắm, phần giúp truyền xung điện thừa khỏi những đồ điện như máy giặt hay tủ lạnh. Franklin cắm một cột thu sét trên nhà của chính ông, và ý tưởng này cứ thế được người khác học tập. Nhiều kết quả quan trọng sau này xuất phát từ việc thấu hiểu điện.

Điện học là một trong những lĩnh vực nghiên cứu khoa học lý thú nhất vào thế kỷ 18, và nhiều "điện nhân", theo cách người ta gọi họ, đã đóng góp vào vốn hiểu biết về điện ngày nay của chúng ta. Đặc biệt, chúng ta biết đến tên tuổi của ba người. Người đầu tiên là Luigi Galvani (1737–1798), một bác sĩ thích tạo ra những chỉnh sửa nho nhỏ trên các máy điện và động vật. Ông hành nghề

y, dạy giải phẫu học và sản khoa (y học về sinh nở) ở Đại học Bologna, nhưng ông cũng rất hứng thú với nghiên cứu sinh lý học. Khi nghiên cứu mối liên hệ giữa cơ và dây thần kinh, ông phát hiện ra rằng cơ của một con ếch có thể bị làm cho co lại nếu dây thần kinh gắn với cơ đó tiếp xúc với một nguồn điện. Sau khi nghiên cứu sâu hơn, ông xem cơ giống như một bình Leyden, có khả năng sản sinh và phóng ra một dòng điện. Galvani nói điện là một phần quan trọng của động vật. Thật vậy, "điện động vật", cách mà ông gọi loại điện này, dường như là một thành phần thiết yếu của cơ chế vận động ở động vật. Và ông đã đúng.

Các sốc tĩnh điện, xảy ra khi điện tích tụ trên bề mặt một vật được giải phóng, vẫn được gọi là sốc điện *galvanic.* Các nhà khoa học và thợ điện sử dụng *điện k*ế (galvanometer) để đo dòng điện. Khái niệm điện động vật của Galvani đã thu hút nhiều phản biện, đặc biệt từ Alessandro Volta (1757–1827), một nhà khoa học từ Como, miền Bắc nước Ý. Volta không đánh giá cao những bác sĩ mở rộng hướng nghiên cứu sang vật lý học, và ông bắt đầu nghiên cứu để chứng minh rằng điện động vật không tồn tại. Volta và Galvani đã có một cuộc tranh luận công khai về cách diễn giải những thí nghiệm của Galvani. Trong những nghiên cứu để hạ bệ Galvani, Volta kiểm tra một con lươn điện, con vật có thể sinh ra điện. Ông tin rằng ngay cả những con lươn điện cũng không khiến khái niệm "điện động vật" của Galvani thuyết phục hơn. Quan trọng hơn, Volta phát hiện ra rằng nếu ông chồng các lớp kẽm và vải lên nhau, và xen kẽ giữa chúng là các lớp bìa ướt, ông có thể tạo ra một dòng điện liên tục qua tất cả các lớp. Volta gửi báo cáo về phát minh mới của mình, mà ông gọi là "pin"§, tới Hội Hoàng gia London. Giống bình Leyden, nó gây xôn xao dư luận ở Anh và Pháp.

Vào thời gian này, Pháp đang bận rộn với cuộc chinh phạt miền Bắc nước Ý, và Hoàng đế nước Pháp, Napoleon Bonaparte, trao huy chương cho nhà khoa học người Ý vì phát minh của ông, bởi

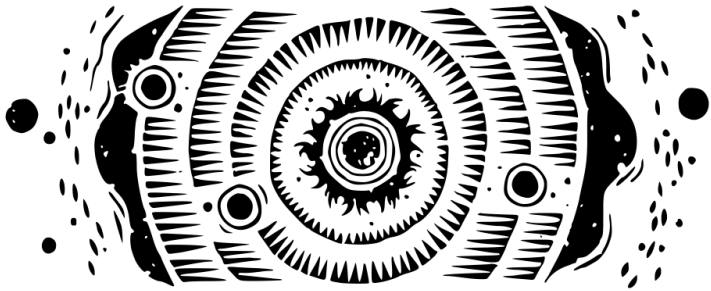
nó tạo ra một dòng điện đáng tin cậy cho các nghiên cứu thực nghiệm. Pin Volta tiếp tục đóng một vai trò quan trọng trong hóa học ở thế kỷ 19. Nó là một bước phát triển có tính thực dụng từ pin của Franklin, và đã trở nên thiết yếu trong cuộc sống của chúng ta ngày nay. Chúng ta nhớ tới Volta bởi tên ông cho chúng ta từ "volt", là một trong những đơn vị dùng để đo dòng điện – bạn hãy nhớ nhìn qua vỏ pin trong lần thay pin tiếp theo nhé.

Điện nhân vĩ đại thứ ba của chúng ta (đồng thời là một nhà toán học đáng nể) cũng cho chúng ta một cái tên để đo điện: André-Marie Ampère (1775–1836). Chúng ta có từ "ampere" từ tên ông. Ampère sống qua thời kỳ sang chấn của Cách mạng Pháp và hậu kì của nó, cha của ông phải rơi đầu trên máy chém trong thời gian này. Đời tư của ông cũng bi thảm tương tự. Người vợ đầu tiên yêu dấu của ông mất sau khi sinh người con thứ ba, và cuộc hôn nhân thứ hai của ông rất không hạnh phúc và kết thúc bằng một cuộc ly hôn. Các con ông lớn lên không được hạnh phúc, và ông phải gánh nỗi lo tiền bạc triền miên. Giữa sự hỗn loạn này, Ampère nhận ra một số điểm cốt yếu trong toán học, hóa học, và trên hết, cái mà ông gọi là "điện động lực học". Bộ môn phức tạp này mang điện và từ về một mối. Bất chấp sự phức tạp của nó, những thí nghiệm đơn giản nhưng tinh tế của Ampère cho thấy rằng từ thực chất là điện đang chuyển động. Nghiên cứu của ông làm cơ sở cho Faraday và Maxwell, và vì thế chúng ta sẽ nói về nó chi tiết hơn khi tới chương của những người khổng lồ về điện từ này. Mặc dù những nhà khoa học thời kỳ sau chứng minh rằng nhiều chi tiết trong lý thuyết của Ampère chẳng đi đến đâu cả, ông đã mở đầu cho nhiều nghiên cứu về điện từ. Cần phải nhớ rằng khoa học đôi khi còn là mắc sai lầm.

Đến khi Ampère qua đời, điện đã tiến một quãng đường dài về hướng bị thuần phục. Nghiên cứu của Franklin lúc này đã trở nên quá đơn giản và bình thường, và dù nó quan trọng, ông vẫn chỉ là một tay nghiệp dư khéo léo khi người ta so sánh ông với Galvani,

Volta và Ampère, những người sử dụng các dụng cụ tinh vi hơn và làm việc trong các phòng thí nghiệm. Galvani cuối cùng vẫn là người được nở nụ cười chiến thắng trước Volta, bởi ngày nay chúng ta đã biết điện đóng vai trò quan trọng khi cơ và dây thần kinh tương tác với nhau.

← Còn gọi là pin Volta.



Chương 18

Vũ trụ như cơ cấu đồng hồ

Cách mạng Mỹ (còn được biết đến với cái tên Chiến tranh Độc lập Mỹ) năm 1776, Cách mạng Pháp 1789, và Cách mạng Nga 1917, mỗi cuộc cách mạng này đều nhanh chóng mang đến những chính thể mới và một trật tự xã hội mới. Còn có một cuộc Cách mạng Newton. Ít người từng nghe tới Cách mạng Newton, nhưng nó cũng quan trọng như những cuộc cách mạng trên, và mặc dù nó cần tới hàng thập kỷ thay vì vài năm để tạo ra hiệu ứng, những hệ quả nó để lại rất sâu sắc. Cách mạng Newton mô tả thế giới mà chúng ta sống.

Sau khi qua đời vào năm 1727, Sir Isaac tiếp tục là một tượng đài ở thế kỷ 18. Trong mọi lĩnh vực, người ta đều muốn được trở thành một "Newton" của ngành họ theo đuổi. Adam Smith muốn trở thành Newton của kinh tế học; một số người gọi William Cullen là Newton của y học; Jeremy Bentham phấn đấu để trở thành Newton của cải cách chính trị và xã hội. Điều mà tất cả những người này tìm kiếm là một định luật tổng quát hoặc nguyên lý kết nối tất cả các vấn đề trong ngành của họ, cũng giống như lực hấp dẫn của Newton dường như đã giữ Vũ Trụ trong trạng thái tiến triển đều đặn và trầm ổn qua các mùa và các năm. Như nhà thơ Alexander Pope đã đùa, "Tự nhiên, và luật của tự nhiên ẩn

nấp trong đêm./ Đức Chúa Trời phán rằng, *Phải có Newton!* và tất cả sáng lên.”§

Là một người Anh, Pope có thể đã thiên vị người đồng hương của ông. Ở Pháp, Đức và Ý, Newton là một tượng đài quan trọng ngay từ khi ông còn sống, nhưng vẫn có những truyền thống khoa học khác có tầm quan trọng đáng kể. Ở Pháp, quan điểm cơ học của Descartes về Vũ Trụ vẫn có ảnh hưởng mạnh. Ở Đức, những cuộc tranh cãi xem ai là người đã phát minh ra giải tích nổ ra, trong đó những người ngưỡng mộ triết gia G.W. Leibniz (1646–1716) nhấn mạnh rằng Newton đóng vai trò ít quan trọng hơn Leibniz trong việc phát triển công cụ toán học này. Tuy nhiên, ở Vương quốc Anh, Newton đã thu hút nhiều người tôn sùng, những người sẵn sàng gọi bản thân là những người theo trường phái Newton và sử dụng những kiến thức sâu sắc tuyệt vời trong toán học, vật lý học, thiên văn học và quang học của Newton.

Tuy nhiên, dần dần, sức mạnh của quang học thực nghiệm và các định luật chuyển động của Newton cũng bắt đầu kiểm soát tư tưởng của người châu Âu. Danh tiếng của ông được hỗ trợ bởi một người ủng hộ khó ai có thể ngờ đến nhất: nhà thơ, tiểu thuyết gia, và học giả Voltaire (1694–1778). Sáng tạo nổi tiếng nhất của Voltaire là nhân vật dễ mến Candide, xuất hiện trong một câu chuyện phiêu lưu. Những tai họa liên tiếp giáng xuống cuộc đời của Candide – tất cả những gì có thể trục trặc đều thành ra trục trặc – nhưng ông không bao giờ quên triết lý của mình: thế giới mà Đức Chúa Trời tạo ra *hẳn phải* là thế giới tốt nhất trong các thế giới có thể tồn tại. Vì thế, ông vẫn luôn yêu đời, và vững tâm rằng những gì xảy đến với ông, dù tồi tệ đến thế nào, vẫn là để đạt đến cái tốt nhất trong “thế giới tốt nhất trong số các thế giới có thể tồn tại”. (Sau những chuyến phiêu lưu khủng khiếp, ông mới quyết định rằng đáng ra ông nên ở nhà và chăm sóc khu vườn của mình: thực ra, đó đúng là một lời khuyên tốt.)

Candide là một cú chỉ trích nhẹ nhàng nhắm đến triết lý của đối thủ của Newton trong phát minh môn giải tích, Leibniz. Voltaire là một "người hâm mộ cỡ bự" của Newton và, trên thực tế, của tất cả những gì thuần chất Anh. Ông sống vài năm ở nước Anh và rất ấn tượng với tự do ngôn luận và tự do tư tưởng ở đây. (Voltaire bị quản chế tại gia ở Pháp vì dám chỉ trích Giáo Hội Công giáo và vua Pháp, nên ông hiểu tự do ngôn luận quan trọng đến mức nào.) Ông trở về từ nước Anh mang theo lòng trân trọng dành cho những thành tựu của Newton, và ông viết một cuốn sách bằng tiếng Pháp tổng hợp những ý tưởng của Newton nhưng là một phiên bản thân thiện với đại chúng hơn, dành cho những thường dân. Cuốn sách của Voltaire đến tay rất nhiều độc giả ở châu Âu, nơi tất cả mọi người thảo luận về cách thức toán học và vật lý học của Newton giải thích được bản chất sự chuyển động của các hành tinh và các vì sao, hiện tượng dâng lên và hạ xuống hằng ngày của thủy triều, đường bay của những viên đạn, và tất nhiên, sự rơi của những quả táo.

Newton dần có được danh tiếng tột đỉnh bởi những công cụ – cả toán học và vật lý học – mà ông đã chỉ ra trong cuốn *Principia* thật sự có tác dụng. Những công cụ này giúp các nhà toán học, vật lý học, và thiên văn học nghiên cứu một số vấn đề mà Newton chưa nghiên cứu sâu. Không một nghiên cứu khoa học nào là nghiên cứu cuối cùng, và điều này cũng đúng với các nghiên cứu của Newton. Nhiều cá nhân cảm thấy hạnh phúc có được Newton như một người khổng lồ mà họ có thể đứng được lên vai. Và trong nhiều trường hợp, ông thật sự đã giúp họ nhìn được xa hơn.

Hãy xem xét ba ví dụ: nguyên nhân của thủy triều, hình dạng của Trái Đất, lẫn số lượng và quỹ đạo của các hành tinh trong Hệ Mặt Trời.

Thủy triều gồm có triều kém và triều cường: triều kém là khi biển ở "ngoài" và bạn phải đi bộ ra xa hơn nhiều trước khi bạn có

thể bơi, và triều cường là khi biển ở "trong" và nó rửa trôi đi những lâu đài cát của bạn. Thủy triều diễn ra đều đặn hằng ngày, và việc hiểu về chúng rất quan trọng với các thủy thủ, những người có thể cần tới triều cường để đưa tàu vào bến cảng. Aristotle đã đưa ra một mối liên hệ giữa thủy triều và Mặt Trăng. Sau khi ý tưởng Trái Đất quay được chấp nhận rộng rãi, một số người so sánh thủy triều với những đợt sóng mà bạn có thể tạo ra trong một xô nước khi nghiêng nó liên tục từ bên này qua bên khác. Đối với Newton, lực hấp dẫn là chìa khóa của vấn đề. Ông lập luận rằng lực hấp dẫn của Mặt Trăng lớn nhất khi Mặt Trăng gần Trái Đất nhất. (Giống như Trái Đất quay quanh Mặt Trời, Mặt Trăng quay quanh Trái Đất theo quỹ đạo hình ellipse, do đó khoảng cách giữa Trái Đất và Mặt Trăng thay đổi đều đặn.) Lực hấp dẫn của Mặt Trăng hút nước của các đại dương về phía nó. Do Trái Đất quay, một vùng biển sẽ trở nên gần Mặt Trăng hơn, rồi sau đó lại xa Mặt Trăng hơn, và cứ như vậy sự tăng và giảm lực hấp dẫn khiến cho các đại dương dâng lên rồi hạ xuống theo cách đều đặn mà chúng ta có thể quan sát thấy. Điều này giải thích triều cường và triều kém. Newton đã đúng khi nghĩ rằng các đợt thủy triều minh họa cho tác động của lực hấp dẫn.

Những người theo trường phái Newton sau này đã hoàn thiện các tính toán của người thầy. Bác sĩ người Thụy Sỹ Daniel Bernoulli (1700–1782) đưa ra một phân tích chi tiết hơn về thủy triều vào năm 1740. Ông quan tâm đến toán học, vật lý học và nghề hàng hải hơn y học, và ông cũng góp phần giải thích cách những sợi dây rung lên (như khi bạn gảy một cây đàn guitar) và cách những con lắc đung đưa (như trong đồng hồ quả lắc). Ông cũng cải tiến thiết kế của các con tàu. Tại trường y ở Basel, ông sử dụng cơ học của trường phái Newton để xem xét những thứ như cách các cơ co lại và thu ngắn để làm cho các chi của chúng ta cử động. Nghiên cứu về thủy triều của ông là để đáp lại một bộ câu hỏi của Viện Hàn lâm Khoa học ở Paris, khi viện này hứa trao giải

thưởng cho câu trả lời tốt nhất – thời đó các tổ chức học thuật thường làm điều này. Bernoulli chia sẻ giải thưởng này với một số người khác, mỗi người trong đó đều góp phần giải thích tại sao thủy triều lại vận động như vậy, và đề cập đến tác động của lực hấp dẫn của Mặt Trời trong những lời giải thích của họ. Khi hai vật, như Trái Đất và Mặt Trăng, hút lẫn nhau, các mô tả toán học của hiện tượng này tương đối đơn giản. Trong thế giới thực, Mặt Trời, các hành tinh và những vật có khối lượng khác sẽ phức tạp hóa bức tranh tổng thể, và các mô tả toán học trở nên khó hơn rất nhiều.

Viện Hàn lâm Khoa học Paris cũng tham gia đi tìm câu trả lời cho một câu hỏi lớn khác của trường phái Newton: Trái Đất có phải là một khối tròn? Dễ dàng nhìn thấy rằng nó không hoàn toàn trơn nhẵn giống một quả bóng quần vợt – trên Trái Đất có núi non và thung lũng. Nhưng về cơ bản nó có tròn không? Newton nói rằng không, bởi ông đã chứng minh rằng độ lớn của lực hấp dẫn ở xích đạo khác một chút so với độ lớn lực của hấp dẫn ở Bắc Âu. Ông biết được điều này bằng các thí nghiệm với một quả lắc. Chuyển động qua lại của quả lắc bị ảnh hưởng bởi lực hấp dẫn của Trái Đất, lực hấp dẫn càng lớn, quả lắc càng chuyển động nhanh, và nó mất ít thời gian hơn để hoàn thành một chu kỳ. Các thủy thủ đã đo xem quả lắc chuyển động được bao xa trong đúng một giây, và khoảng cách này ở xích đạo ngắn hơn một chút. Sự khác biệt này cho Newton biết rằng khoảng cách đến tâm Trái Đất sẽ lớn hơn một chút nếu đo từ xích đạo. Nếu Trái Đất là một khối cầu hoàn hảo, khoảng cách từ bề mặt Trái Đất đến tâm Trái Đất phải không đổi ở bất cứ vị trí bề mặt nào. Từ đó, Newton đã phát biểu rằng Trái Đất thực ra hơi phẳng ở hai cực – như thể nó đã bị ép từ trên xuống – và nó phình ra một chút ở khu vực xích đạo. Ông nghĩ rằng hình dạng này được tạo ra bởi hoạt động tự quay của Trái Đất quanh chính trục Bắc – Nam của nó, vào thời kỳ Trái Đất mới sinh ra và đang nguội dần ở thể lỏng. Newton gợi ý rằng

điều này đồng nghĩa với việc Trái Đất đã tồn tại trên 6.000 năm, nhưng ông không bao giờ tiết lộ suy nghĩ của ông về tuổi thực sự của Trái Đất.

Khi nghiên cứu của Newton được đem ra tranh luận ở Pháp vào những năm 1730, nhiều nhà khoa học Pháp đã từ chối tin rằng Trái Đất có hình dạng không hoàn hảo này. Do đó, Louis XV, vua nước Pháp, đã gửi hai đoàn thám hiểm, một đến Lapland, gần Vòng Bắc Cực, và một tới Peru, gần đường xích đạo – một cách làm tốn kém chỉ để kiểm tra một thực tế đơn giản. Những gì hai đoàn thám hiểm đã làm là đo độ dài chính xác của 1 độ vĩ ở hai địa điểm này. Vì đó là cách đo lường theo trục Bắc – Nam của Trái Đất, mà trong đó đường xích đạo có vĩ độ bằng 0 độ, Bắc Cực có vĩ độ +90 độ, và Nam Cực có vĩ độ -90 độ. (Cần qua 360 độ để đi một vòng hoàn chỉnh quanh Trái Đất.) Bạn có thể nhìn thấy các vĩ tuyến được vẽ từ bên này qua bên kia trên một bản đồ thế giới. Nếu Trái Đất là khối tròn hoàn hảo, các độ vĩ sẽ có giá trị giống nhau. Đoàn thám hiểm từ Lapland trở về trước (họ không phải di chuyển quá xa) nhưng khi đoàn thám hiểm từ Peru trở về, sau 9 năm, người ta đã chứng minh được rằng 1 độ vĩ ở Lapland dài hơn 1 độ vĩ ở Peru, chính xác như những gì mô hình của Newton dự đoán. Kết quả này góp phần làm tăng danh tiếng của Newton trên châu Âu đại lục.

Các nhà thiên văn học trên toàn châu Âu vào thời gian đó đang quan sát các vì sao và các hành tinh để cố gắng dự đoán cách chúng di chuyển, và nhờ đó dự đoán cả địa điểm người ta có thể quan sát được chúng vào mỗi đêm (hoặc mỗi năm). Những dự đoán này ngày càng chính xác hơn, vì càng ngày càng nhiều quan sát được thực hiện, và vì những phân tích toán học về chuyển động của các hành tinh và các vì sao trở nên chính xác hơn. Việc xây dựng các kính viễn vọng lớn hơn cho phép các nhà thiên văn học nhìn xa hơn vào không gian, và từ đó khám phá ra những vì sao mới, thậm chí các thiên hà mới. Một trong những nhà thiên

văn học quan trọng nhất là một người tị nạn từ nước Đức đến với nước Anh, William Herschel (1738–1822). Herschel là một nhà soạn nhạc, nhưng đam mê của ông là nhìn ngắm bầu trời. Một đêm năm 1781, ông nhận ra một vật thể mới, mà không phải là một ngôi sao. Ban đầu, ông nghĩ nó có lẽ là một sao chổi và ông mô tả nó với một nhóm người địa phương ở Bath, nơi ông sống. Kết quả quan sát của ông thu hút sự chú ý của những người khác, và sau đó người ta nhanh chóng nhận ra rằng Herschel đã khám phá ra một hành tinh mới. Cuối cùng nó được đặt tên là Thiên Vương Tinh – Uranus, theo tên một nhân vật trong thần thoại Hy Lạp.

Khám phá mới này thay đổi cuộc đời Herschel và cho phép ông toàn tâm cống hiến cho thiên văn học. Vua George III, có gia đình cũng đến từ nước Đức, quan tâm đến nghiên cứu của Herschel. George III giúp Herschel xây dựng kính viễn vọng lớn nhất thế giới thời đó, và cuối cùng cho Herschel đến sống gần Windsor, nơi có một trong những lâu đài hoàng gia. Herschel toàn tâm toàn lực nghiên cứu thiên văn đến mức khi ông chuyển đến Windsor, ông sắp xếp cuộc sống sao cho ông không phải bỏ lỡ dù chỉ một lần quan sát trời đêm. Trong tất cả các nghiên cứu của mình, Herschel được em gái ông, Caroline (1750–1848), cũng là một chuyên gia về thiên văn học, giúp đỡ. Con của Herschel, John (1792–1871) cũng tiếp tục nghiên cứu của cha mình và biến nó thành một nghề của gia đình.

William Herschel không chỉ quan sát các vì sao, hành tinh và các thiên thể khác, mà còn suy nghĩ sâu về những gì ông quan sát được. Bởi ông có kính viễn vọng tốt nhất thời kỳ đó, ông có thể nhìn xa hơn người khác. Ông biên soạn những danh mục sao chính xác và đồ sộ nhất đến thời điểm đó. Ông nhận ra rằng thiên hà của chúng ta, dải Ngân Hà, không phải là thiên hà duy nhất trong Vũ Trụ, và ông suy nghĩ rất kỹ về cái được gọi là “tinh vân”, những khu vực trên bầu trời trông giống như những vùng loang mờ ảo màu trắng. Người ta có thể nhìn thấy một vài tinh vân này bằng

mắt thường trong một đêm trời quang, nhưng kính viễn vọng của Herschel khám phá ra thêm nhiều vùng loang như vậy. Dải Ngân Hà bắt đầu mờ đi khi chúng ta hướng tầm nhìn vào những điểm xa hơn của nó, và các nhà thiên văn học đã giả thiết rằng tinh vân chỉ đơn giản là các cụm gồm nhiều ngôi sao. Herschel đã chứng minh rằng một số tinh vẫn có thể đúng là như vậy, nhưng những tinh vân khác là những vùng mây khí khổng lồ, cuộn xoáy trong một không gian xa xôi. Thêm vào đó, bằng cách quan sát các cặp "sao kép", những cặp sao gần nhau (ờ thì, "gần" theo thang khoảng cách mà chúng ta đang nói ở đây), ông chỉ ra rằng hoạt động của những ngôi sao này có thể được giải thích bằng nguyên lý lực hấp dẫn: điều này cho thấy lực hấp dẫn của Newton mở rộng phạm vi ứng dụng ra những vùng thậm chí xa nhất của không gian Vũ Trụ.

Các định luật của Newton về hấp dẫn và chuyển động, cùng với phân tích toán học của ông về lực (sức mạnh), gia tốc (sự gia tăng tốc độ), và quán tính (xu hướng tiếp tục chuyển động theo đường thẳng), trở thành những nguyên lý dẫn đường cho các triết gia tự nhiên trong thế kỷ 18. Không một người nào có nhiều nỗ lực chứng minh giá trị giải thích của những nguyên lý này bằng Pierre Simon de Laplace (1749 1827). Laplace làm việc cùng Lavoisier, người chúng ta sẽ gặp ở Chương 20, nhưng không giống người bạn xấu số của mình, Laplace bình an vượt qua Cách mạng Pháp. Được Napoleon ngưỡng mộ, ông là một hình tượng hàng đầu của khoa học Pháp trong nửa thế kỷ. Laplace sử dụng các định luật chuyển động và các công cụ toán học của Newton để chứng minh rằng con người có thể hiểu được những thứ họ có thể nhìn thấy trên bầu trời, và những chuyển động trong tương lai của các vì sao, hành tinh, sao chổi và thiên thạch có thể được dự đoán chính xác. Ông phát triển một lý thuyết về việc Hệ Mặt Trời, gồm Mặt Trời và các hành tinh của nó, có thể đã sinh ra như thế nào hàng triệu năm trước từ một vụ nổ cực lớn, khi Mặt Trời đẩy ra những cụm khí nóng khổng lồ mà sau đó dần nguội lại để tạo thành các

hành tinh (và các Mặt Trăng của chúng). Ông gọi đây là "giả thuyết tinh vân", và đưa ra những tính toán rất phức tạp để chứng minh rằng có thể sự ra đời của Hệ Mặt Trời đã diễn ra như vậy. Laplace đã mô tả một phiên bản của cái mà ngày nay chúng ta gọi là Vụ nổ Lớn (Chương 39), mặc dù những nhà vật lý học ngày nay biết rõ về vụ nổ này hơn Laplace rất nhiều.

Laplace ấn tượng với sức mạnh của những định luật về chuyển động của Newton đến mức ông tin rằng nếu như chúng ta có thể biết tất cả những hạt trong Vũ Trụ này ở đâu vào một thời điểm cho trước, chúng ta có thể dự đoán vận mệnh của cả Vũ Trụ cho đến thời khắc tận cùng của thời gian. Ông biết rằng việc này là không thể. Ý của ông là những định luật về vật chất và chuyển động cho thấy cả Vũ Trụ cứ như thể thực sự vận hành như một chiếc đồng hồ được chế tạo rất tốt và chỉ thời gian chính xác đến mức hoàn hảo. Tầm nhìn của ông về một Vũ Trụ như cơ cấu đồng hồ đã giúp ích cho các nhà khoa học trong suốt một thế kỷ sau ông.

← Nguyên văn: God said, Let Newton be! and all was light. Câu này là cải biên từ một câu trong Kinh Thánh: "God said, Let there be light: and there was light."

Chương 19

Sắp xếp trật tự thế giới

Hành tinh của chúng ta là nhà của không biết bao nhiêu chủng loài thực vật và động vật. Chúng ta vẫn không biết chính xác có bao nhiêu loài côn trùng hoặc sinh vật biển trên Trái Đất. Chúng ta có một mối lo chính đáng rằng loài người đang làm giảm số lượng của chúng. "Những loài bị đe dọa", ví dụ như gấu trúc lớn hoặc hổ Ấn Độ, xuất hiện trên bản tin mỗi ngày. Đối với chúng ta, những người đang quan tâm lo lắng, phần quan trọng trong cụm từ "những loài bị đe dọa" là *bị đe dọa,* nhưng đối với các nhà khoa học, một phần cũng quan trọng không kém là *những loài.* Làm sao chúng ta biết được rằng gấu trúc lớn không phải là cùng một loài với gấu nâu Bắc Mỹ, hoặc mèo hoang khác với mèo nhà mà chúng ta vuốt ve?

Trong sách *Sáng thế* của Kinh Thánh, Adam đã được trao nhiệm vụ đặt tên các loài cây cỏ và động vật trong Vườn Địa Đàng. Tất cả các cộng đồng loài người đều có một cách nào đó để sắp xếp thế giới sinh vật xung quanh họ. Tất cả mọi ngôn ngữ đều có tên cho những loài thực vật và động vật mà con người sử dụng, bất kể chúng được nuôi, trồng hay cung cấp sức vận chuyển, thịt, da hoặc sữa.

Vào thế kỷ 17 và 18, những nhà thám hiểm người châu Âu đã

bắt đầu đem về nhiều loại thực vật và động vật mới từ những vùng xa xôi của thế giới: từ Bắc Mỹ và Nam Mỹ, châu Phi, châu Á, rồi Úc và New Zealand, cũng như những hòn đảo của các đại dương trên thế giới. Nhiều sinh vật trong số này khác biệt một cách tuyệt diệu so với những thực vật và động vật quen thuộc của Cựu Thế giới, nhưng khi chúng được nghiên cứu kĩ, rất nhiều trong số chúng không khác biệt *đến thế*. Ví dụ, những con voi người ta tìm thấy ở Ấn Độ và châu Phi giống nhau đến mức việc gọi chúng bằng cùng một cái tên có vẻ hợp lý. Tuy nhiên, có những khác biệt nhỏ. Chúng ta nên giải thích nguyên nhân của những khác biệt nhỏ này, và cả những giống loài vô cùng phong phú của tự nhiên như thế nào?

Từ thời cổ đại, đã tồn tại hai câu trả lời cơ bản cho câu hỏi này. Một là giả thuyết rằng tự nhiên phong phú đến mức không có gì ngạc nhiên khi rất nhiều, rất nhiều loại thực vật và động vật mới được tìm thấy ở những vùng hẻo lánh của thế giới. Những khám phá mới này được cho là chỉ đơn giản trám vào những phần còn trống trong "Chuỗi Sinh vật", theo cách gọi của những nhà tự nhiên học, một ý tưởng mà chúng ta đã gặp ở Chương 5. Những người tin vào Chuỗi Sinh vật lý luận rằng Chúa Trời có quyền năng lớn đến mức Ngài tạo ra mọi sinh vật có thể tồn tại trên đời. Họ không hề ngạc nhiên khi tìm thấy những động vật kết hợp những đặc điểm của các động vật khác, ví dụ như cá voi và cá heo ở đại dương, trông có vẻ giống cá, nhưng thở bằng phổi và sinh con như các động vật trên cạn; hay dơi, trông giống chim ở chỗ chúng có đôi cánh và bay được, nhưng không đẻ trứng. Đây là vì những nhà tự nhiên học đó cho rằng tất cả những khía cạnh gây tò mò của đời sống thực vật và động vật có thể được giải thích bằng cách coi chúng là một phần của Chuỗi Sinh vật. Ý tưởng về "mắt xích còn thiếu" trong chuỗi này, mà có thể bạn đã từng nghe được khi một hóa thạch mới và quan trọng được tìm thấy, đã xuất hiện từ rất lâu trước đó.

Câu trả lời thứ hai là giả thuyết rằng Chúa Trời tạo ra mỗi *loại* thực vật và động vật, và sự đa dạng của tự nhiên mà chúng ta có thể nhìn thấy xung quanh là kết quả của sự sinh sản hết thế hệ này đến thế hệ khác. Cây sồi tạo ra các cây non từ những quả sồi, giống như mèo sinh ra mèo con, những con mèo con lại lớn lên để sinh ra nhiều mèo con hơn, và cứ như vậy. Sau mỗi thế hệ, hoặc hàng trăm thế hệ, hoặc hàng nghìn thế hệ, cây sồi và mèo sẽ ngày càng đa dạng. Như vậy, sự đa dạng của tự nhiên được hiểu là bắt nguồn từ những thay đổi xảy ra theo thời gian, mặc dù mỗi loài thực vật hoặc động vật đều được cho là có mối liên hệ với một thiết kế gốc. Việc vẽ sơ đồ tất cả những loài thực vật và động vật gốc sẽ minh họa được kế hoạch của Chúa Trời, như một "Cây Sự Sống".

Vào thế kỷ 18, hai nhà tự nhiên học thống trị tư tưởng về những vấn đề này, và họ tình cờ phản ánh hai cách tiếp cận khác nhau ở trên. Người đầu tiên là một quý tộc người Pháp, Georges-Louis Leclerc, Bá tước Buffon (1707–1788), một người giàu có, đã dành cả cuộc đời cho khoa học. Mỗi năm, ông sống một vài tháng trên lãnh địa của mình, và thời gian còn lại ông ở Paris, nơi ông quản lý các khu vườn của nhà vua – những khu vườn này giống vườn thú hoặc công viên hoang dã ngày nay. Ông đã sớm ngưỡng mộ sâu sắc Newton và cả vật lý học lẫn toán học của Newton, nhưng phần lớn cuộc đời ông được dành để nghiên cứu thế giới tự nhiên. Mục đích của ông là mô tả Trái Đất với tất cả những loài thực vật và động vật sống trên đó. Tất cả những nghiên cứu tỉ mỉ của ông được tập hợp lại trong một bộ sách gồm 127 tập, có tên đơn giản *Histoire naturelle (Lịch sử tự nhiên)*. Vào thời đó, "lịch sử" cũng có nghĩa là "mô tả", và trong những cuốn sách này Buffon khởi đầu công việc mô tả tất cả những loài động vật (và một vài loài thực vật) mà ông có thể tìm được.

Buffon mô tả gần như tất cả những gì ông có thể mô tả về những con vật mà ông có cấu trúc giải phẫu, cách chúng di

chuyển, những gì chúng ăn, cách chúng sinh sản, giá trị của chúng đối với chúng ta, và nhiều điều khác. Đây là một cố gắng tuyệt vời có tính hiện đại nhằm quan sát động vật trong môi trường của chúng nhiều nhất có thể. Trong hết tập này đến tập khác, ông xem xét kĩ càng nhiều loài động vật có vú, chim, cá và bò sát mà loài người đã biết đến. Cả bộ sách đồ sộ này ra đời trong khoảng 40 năm, từ năm 1749, và các độc giả hào hứng chờ đợi từng tập mới. Chúng được dịch sang hầu hết các ngôn ngữ ở châu Âu.

Buffon bị thu hút bởi tất cả những đặc điểm của từng loài động vật mà ông đã quan sát. Theo một câu nói nổi tiếng của ông, "Tự nhiên chỉ biết đến cá thể," nghĩa là không có một trật tự nào trong tự nhiên, chỉ có rất nhiều cá thể thực vật và động vật. Chỉ có con người luôn cố gắng phân loại chúng thành các nhóm, để phục vụ mục đích riêng của họ. Về Chuỗi Sinh vật, ông nói rằng tự nhiên rất đông đúc, nhưng người ta chỉ có thể nghiên cứu nó thông qua nghiên cứu từng sinh vật một.

Đối thủ lớn của Buffon là bác sĩ và nhà tự nhiên học người Thụy Điển, Carl Linnaeus (1707–1778). Linnaeus học y nhưng đam mê thật sự của ông là thực vật. Trong phần lớn cuộc đời mình, ông làm giáo sư ở Đại học Uppsala, ở miền Bắc Thụy Điển. Ở đây, ông duy trì một vườn thực vật, và cho nhiều sinh viên đi khắp nơi trên thế giới để sưu tầm các loài thực vật và động vật cho ông. Một số sinh viên qua đời trong các chuyến đi, nhưng những học trò của ông vẫn tâm huyết với mục tiêu vĩ đại của Linnaeus: đặt tên chính xác tất cả những thứ tồn tại trên Trái Đất. Để hỗ trợ việc đặt tên, Linnaeus *phân loại* chúng, có nghĩa là ông định nghĩa các đặc điểm cơ bản của chúng. Việc này cho phép ông đặt chúng trong "trật tự của tự nhiên". Khi còn chưa đến ba mươi, vào năm 1735, ông đã cho ra đời một cuốn sách mỏng tên *Systema Naturae (Hệ thống của tự nhiên)*. Cuốn sách này về cơ bản là một danh sách dài những loài thực vật và động vật đã được biết đến, được phân nhóm theo chi. Ông xuất bản 12 ấn bản của cuốn sách này trong suốt cuộc đời

mình, mỗi lần ông lại mở rộng danh sách bởi ông biết được thêm nhiều loài động vật và thực vật hơn, đặc biệt những loài mà sinh viên của ông khám phá cho ông ở châu Mỹ, châu Á, châu Phi, và các vùng khác trên thế giới.

Từ thời Hy Lạp cổ đại, những nhà tự nhiên học đã đặt câu hỏi liệu có thể tồn tại một phương pháp phân loại "tự nhiên" cho các loài trên thế giới. Liệu giữa các loài có mối liên hệ bất biến hay được Chúa ban? Và nếu như vậy, làm thế nào chúng ta có thể tìm ra mối liên hệ đó? Ở kỷ nguyên của Cơ Đốc giáo, giả thuyết phổ biến nhất là Chúa Trời đã tạo ra mỗi loài thực vật và động vật "ngay từ thủa ban đầu", để Adam đặt tên cho chúng, và những gì chúng ta thấy ngày nay là sản phẩm của thời gian và sự ngẫu nhiên.

Linnaeus đồng tình với quan điểm này, nhưng ông cũng nhận ra thực vật và động vật đã thay đổi nhiều thế nào từ thủa Sáng Thế đến nay. Điều này khiến cho việc xây dựng một phương pháp phân loại "tự nhiên" trở nên vô cùng khó khăn. Vì vậy, ông nghĩ thứ đầu tiên người ta cần đến là những quy tắc đơn giản để sắp xếp trật tự và phân loại vạn vật trong thế giới này. Thứ hai, ông muốn cho mỗi vật một cái nhãn đơn giản để nhận diện chúng. Đây là nhiệm vụ của cuộc đời ông: ông coi bản thân mình là một Adam thứ hai theo nghĩa đen, trao cho mọi sinh vật tên chính xác của chúng. Sau cùng thì, làm thế nào những nhà động vật học và nhà thực vật học có thể thảo luận về một loài "chó" hoặc một loài "hoa ly" nếu như họ không biết chính xác loài mà họ đang nhắc đến? Tự nhiên, theo như Linnaeus nghĩ, cần phải có các ngăn chuồng bồ câu, và khi mọi vật đều nằm trong đúng ngăn chuồng của chúng, khoa học mới có thể được thực hiện.

Linnaeus phân loại gần như tất cả mọi thứ: khoáng vật, bệnh tật, thực vật và động vật. Trong nhóm động vật, ông đã có một động thái táo bạo: ông đặt con người vào nhóm này. Thực tế, ông

cho chúng ta cái tên sinh học mà chúng ta vẫn sử dụng: *Homo sapiens,* có nghĩa đen là "người thông thái, hoặc hiểu biết". Nhiều nhà tự nhiên học trước Linnaeus đã giới hạn bản thân trong cái đôi khi được gọi là "thế giới tự nhiên", và vì thế đặt con người ra ngoài những hệ thống của họ. Linnaeus, con trai của một mục sư, là người rất sùng đạo. Tuy nhiên, như ông đã chỉ ra, không có một lý do sinh học nào có thể giải thích tại sao con người không đơn giản là động vật, giống như chó và khỉ, và vì thế con người cần được xếp trong hệ thống tự nhiên mà ông xây dựng.

Hai nhóm quan trọng nhất đối với Linnaeus trong số các công trình khoa học của ông về *nguyên tắc phân loại* (từ khoa học dùng để chỉ việc phân loại) là *chi* và *loài.* Ông luôn sử dụng một chữ cái viết hoa để đặt tên cho chi (chúng ta vẫn làm vậy ngày nay), và một chữ cái viết thường cho loài: do đó ta có tên *Homo sapiens.* Chi là một nhóm các thực vật hoặc động vật có những đặc điểm chung cơ bản hơn so với các đặc điểm chung của loài. Ví dụ, có một vài loài mèo khác nhau trong chi *Felis,* bao gồm cả loài mèo nhà của chúng ta *(Felis catus),* và mèo hoang *(Felis silvestris)*. (Vào thời đó, tất cả mọi người đều học tiếng Latin ở trường, vì thế hệ thống đặt tên của ông rất dễ hiểu: *felis* có nghĩa là "mèo", *catus* có nghĩa là "láu cá", và *silvestris* có nghĩa là "thuộc về rừng cây".)

Linnaeus biết rằng có nhiều mức độ khác nhau về sự tương đồng hoặc khác biệt giữa các sinh vật. Ở đỉnh của hệ thống phân loại của mình, ông có ba *giới:* thực vật, động vật, và khoáng vật. Dưới chúng là các *lớp,* ví dụ như động vật có xương sống (các loài động vật có xương sống: lừa, thằn lằn, và tương tự); trong một lớp có *bộ,* ví dụ như động vật có vú (những động vật cho con non của chúng bú sữa); thấp hơn nữa là *chi;* tiếp theo là *loài.* Dưới loài, có các *thứ.* Trong loài người, các thứ được gọi là các "chủng tộc". Tất nhiên, có những cá thể – một người, một cây hoặc một con vật có những đặc tính kì lạ của riêng nó, ví dụ như chiều cao, đực hay cái, màu mắt hay màu lông, hoặc tông tiếng kêu. Nhưng bạn không

phân loại chúng theo các đặc điểm đó, mà bạn đặt chúng vào một nhóm mà từ đó bạn có thể phân loại. Các nhà khoa học sau này phát hiện ra rằng họ cần đặt thêm các cấp bậc khác vào hệ thống của Linnaeus, ví dụ như *họ, phân h*ọ và *tông.* Sư tử, hố và các loài mèo nuôi trong nhà đều nằm trong *h*ọ mèo.

Toàn bộ các cá thể thực vật và động vật góp phần cấu tạo nên thế giới sinh vật, và đây là điểm mà Buffon nhắc đến khi ông nhấn mạnh rằng hệ thống phân loại cơ bản của ông – theo cá thể – là hệ thống duy nhất chắc chắn.

Bậc phân loại thực sự quan trọng đối với Linnaeus là bậc loài. Ông đã nghĩ ra một hệ thống đơn giản để xác định mỗi loài thực vật, dựa trên các phần đực và cái trên hoa của chúng. Hệ thống này cho phép những nhà thực vật học nghiệp dư rong ruổi khắp những khu rừng và các cánh đồng và xác định những thứ họ nhìn thấy. Mặc dù hệ thống này chỉ dành cho thực vật, hệ thống phân loại theo giới tính của Linnaeus gây khó chịu cho một số người, đồng thời cũng kích thích một vài bài thơ khêu gợi nhẹ nhàng. Quan trọng hơn cả, phương pháp phân loại thực vật của ông thực sự tốt. Nó cho ngành thực vật học một cú huých thật sự. Sau khi Linnaeus qua đời, những bộ sưu tập thực vật quan trọng của ông được mua lại bởi một người Anh giàu có, người đã lập ra Hội Linnean London. Hội này vẫn hoạt động cho đến ngày nay, sau hơn 200 năm.

Chúng ta vẫn sử dụng nhiều cái tên mà Linnaeus đã đưa vào để định danh các loài thực vật và động vật. Một trong số chúng là bộ động vật bao gồm loài người, *linh trưởng.* Chúng ta nằm cùng bộ đó với khỉ không đuôi, khỉ, vượn cáo, và các loài động vật khác có nhiều đặc điểm giống chúng ta. Linnaeus không tin rằng một chủng loài có thể tiến hóa thành một chủng loài khác: ông tin rằng Chúa Trời đã đặc biệt tạo ra từng chủng loài thực vật và động vật riêng biệt. Nhưng ông nhận ra rằng con người là một phần của tự

nhiên, và những quy luật mà chúng ta sử dụng để nghiên cứu thế giới tự nhiên cũng có thể được dùng để tìm hiểu nhân loại. Ý nghĩa chính xác khi chúng ta phát biểu rằng nhóm thực vật hoặc động vật này kia là một chủng loài sinh học đã tiếp tục khiến cho những nhà tự nhiên học phải thắc mắc. Ngày nay vẫn vậy. Nhưng một thế kỷ sau đó khung phân loại của Linnaeus đã được thay đổi, bởi một nhà tự nhiên học khác, người cũng yêu thực vật: Charles Darwin. Chúng ta sẽ tiếp tục với câu chuyện của ông ở [# Chương 25 – Màn trình diễn vĩ đại nhất trên Trái đất].

Chương 20

Không khí và khí

"Không khí" (air) là một từ rất cũ. "Khí" (gas) là một từ mới hơn nhiều, chỉ mới có vài trăm năm tuổi, và sự chuyển đổi từ không khí sang khí thực sự là một chuyển biến quan trọng. Đối với người Hy Lạp cổ đại, không khí là một trong bốn nguyên tố cơ bản, chỉ là một "thứ". Nhưng các thí nghiệm của Robert Boyle vào thế kỷ 17 đã thách thức quan điểm này, và những nhà khoa học đã dần đi đến khám phá rằng không khí xung quanh chúng ta, và được chúng ta hít thở, được tạo thành từ nhiều hơn một chất. Từ đó, việc hiểu những gì diễn ra trong nhiều thí nghiệm hóa học trở nên dễ dàng hơn nhiều. Nhiều thí nghiệm đã tạo ra thứ gì đó nổi bong bóng, hoặc bay lên trời ở dạng một luồng hơi phụt ra rồi biến mất vào không trung. Đôi khi, thí nghiệm dường như làm thay đổi không khí: các nhà hóa học thường tạo ra khí amoniac khiến cho họ chảy nước mắt, hoặc hydro sulfur, có mùi trứng gà ung. Nhưng khi không có khả năng thu các chất khí lại, người ta rất khó có thể biết được chuyện gì đang xảy ra. Isaac Newton đã chứng minh rằng việc đo lường rất quan trọng, nhưng rất khó để đo được chất khí khi nó chỉ lơ lửng trong bầu không khí.

Vì thế các nhà hóa học phải tìm ra cách để thu các khí nguyên chất. Cách thông dụng nhất là thực hiện thí nghiệm hóa học trong

một không gian nhỏ kín, như một hộp có niêm phong. Không gian kín này được nối qua một ống đến một bình lộn ngược chứa đầy nước. Nếu khí không hòa tan vào nước – và một số chất khí thực chất có hòa tan trong nước – khí sẽ nổi lên phía trên và đẩy nước trong bình xuống dưới. Stephen Hales (1677–1761), một tu sĩ tài trí, đã nghĩ ra một "bồn nước" thu khí rất hiệu quả. Hales dành phần lớn cuộc đời làm cha xứ ở Teddington, vào thời đó là một làng quê, nay đã sáp nhập vào London. Là một người đàn ông khiêm tốn và kín đáo, ông cũng cực kì ham hiểu biết và liên tục làm thí nghiệm. Một số thí nghiệm của ông rất kinh dị: ông đo huyết áp của ngựa, cừu, và chó bằng cách cắm thẳng một ống rỗng vào một động mạch chủ của chúng. Ống này được nối với một ống thủy tinh dài khác, và ông đơn giản đo xem lượng máu dâng lên cao bao nhiêu, tương đương với huyết áp. Khi thí nghiệm trên một con ngựa, ống thủy tinh phải cao 2,7 mét để tránh việc máu trào ra khỏi miệng trên của ống.

Hales cũng nghiên cứu sự dịch chuyển của nhựa cây và đo sự phát triển các bộ phận khác nhau của cây. Ông vẽ các đường mực nhỏ cách đều nhau lên lá và cành của cây, và sau đó đo khoảng cách giữa các vết mực trước và sau khi cây lớn lên. Ông đã chứng minh rằng không phải tất cả các bộ phận của cây đều phát triển với tốc độ như nhau. Sau đó Hales sử dụng thiết bị thu khí của ông để kiểm tra xem các loài cây phản ứng thế nào trong những điều kiện khác nhau. Ông đã phát hiện ra rằng chúng sử dụng "không khí", như cách người ta vẫn dùng để gọi chung bầu không khí xung quanh vào thời đó. (Năm 1727, cuốn sách *Vegetable Staticks* của ông là nền tảng để sau này người ta phát hiện ra hiện tượng quang hợp, tức cách thức thực vật sử dụng ánh sáng Mặt Trời như một nguồn năng lượng và có thể chuyển hóa carbonic và nước thành các loại đường và tinh bột, và "thở" ra khí oxy. Đây là một trong những quá trình cơ bản và quan trọng nhất trên hành tinh của chúng ta. Nhưng chúng ta đang nói trước nhiều quá rồi, và ở

giai đoạn đó chưa có ai hiểu biết về oxy.)

Bạn có nhớ từ *pneuma* ở Chương 6 không? “Pneumatic” có nghĩa là “liên quan đến không khí”, và “pneumatic chemistry”, hóa học về các không khí, là một trong những lĩnh vực khoa học quan trọng nhất trong thế kỷ 18. (Bạn có để ý rằng “không khí” ở đây được nhắc đến ở dạng số nhiều?) Hóa học về các không khí có được vị trí quan trọng đó từ những năm 30 của thế kỷ 18 trở đi. Nó không đơn thuần là việc khái niệm cũ về “không khí” phải nhường đường cho ý tưởng linh hoạt hơn rằng không khí thực ra được tạo thành từ nhiều chất khí khác nhau. Các nhà khoa học cũng đang khám phá ra rằng hầu hết các chất đều có thể tồn tại ở, hoặc được chuyển thành, thể khí với điều kiện thích hợp.

Stephen Hales đã dẫn đường với thiết bị bồn nước của mình, và ông chứng minh rằng thực vật, giống như động vật, cần không khí. “Không khí” này được hiểu là một loại khí sinh ra khi thứ gì đó cháy. Một bác sĩ đồng thời là một nhà hóa học người Scotland, Joseph Black (1728–1799), thu được “không khí” này (mà lúc đó ông gọi là “không khí cố định”) và chứng minh rằng trong khi các loài cây có thể sống trong khí này và sử dụng nó, các loài động vật sẽ chết nếu chúng được đặt trong một bình chứa lớn mà chỉ có không khí cố định trong đó để thở. Chúng cần thứ gì đó khác. “Không khí cố định” của Black ngày nay được gọi là khí carbonic (CO_2), và chúng ta biết rằng khí này là một phần thiết yếu trong những vòng đời của thực vật và động vật. (Nó cũng là một loại “khí nhà kính”, một nguyên nhân chủ yếu của “hiệu ứng nhà kính”, dẫn đến hiện tượng nóng lên của Trái Đất.)

Nhà quý tộc sống khép kín, Henry Cavendish (1731–1810), dành thời gian trong phòng thí nghiệm riêng tại nhà của ông London để làm thí nghiệm và đo lường. Ông khám phá ra nhiều điều hơn về không khí cố định, và thu được một loại không khí khác, rất nhẹ và phát nổ khi tiếp xúc với không khí bình thường. Ông gọi nó là

“không khí dễ cháy”. Chúng ta ngày nay gọi nó là khí hydro, và hóa ra vụ nổ đó tạo ra một chất lỏng trong suốt, chính là nước! Cavendish cũng nghiên cứu các loại khí khác, ví dụ như khí nitro.

Không ai thành công trong ngành khoa học về các không khí như Joseph Priestley (1733–1804). Priestley xuất sắc một cách phi thường. Là một tu sĩ, ông viết sách về tôn giáo, giáo dục, chính trị và lịch sử của điện. Ông trở thành một người theo thuyết Nhất Vị, tức một thành viên của một nhóm theo Tân giáo nhưng tin rằng Jesus chỉ là một người thầy vĩ đại, không phải là con của Thượng Đế. Priestley cũng là một người theo thuyết vật chất, ông dạy rằng tất cả sự vật của tự nhiên đều có thể được giải thích bằng các phản ứng của vật chất: không cần đến “tinh thần” hay “linh hồn”. Trong những ngày đầu của Cách mạng Pháp mà ông ủng hộ, ngôi nhà của ông ở Birmingham bị thiêu rụi bởi những người lo sợ rằng những quan điểm tôn giáo và xã hội tự do như của ông sẽ đem cách mạng qua eo biển Manche sang nước Anh. Ông trốn chạy đến Hoa Kỳ, nơi ông sống 10 năm cuối của cuộc đời.

Priestley cũng là một nhà hóa học rất bận rộn. Ông sử dụng không khí cố định để tạo ra nước soda, nên lần sau bạn uống nước có ga, hãy nhớ tới ông. Ông xác định được thêm một vài chất khí, và giống tất cả những nhà hóa học về các không khí khác, ông tự hỏi điều gì xảy ra khi các chất cháy. Ông biết rằng không khí đóng vai trò nhất định trong sự cháy, và ông cũng đã biết rằng có một loại “không khí” (một chất khí) khiến cho các vật cháy dữ dội hơn không khí “thường” bao quanh chúng ta. Ông tạo ra “không khí” này bằng cách đốt một chất mà chúng ta gọi là thủy ngân oxide, và thu chất khí trong một bồn nước. Ông chứng minh rằng động vật có thể sống trong không khí này, cũng giống như thực vật có thể sống trong “không khí cố định”. “Không khí” mới của Priestley là một thứ gì đó đặc biệt: thật vậy, nó dường như chính là yếu tố cơ bản tham gia trong nhiều phản ứng hóa học, và trong cả hoạt động hô hấp và sự cháy. Ông nghĩ rằng tất cả có thể được giải thích

bằng một chất gọi là "yếu tố cháy"§, và tất cả những thứ có thể cháy được đều chứa yếu tố cháy, thứ được giải phóng trong quá trình cháy. Khi không khí xung quanh bão hòa yếu tố cháy, chúng không thể cháy được nữa.

Nhiều nhà hóa học sử dụng ý tưởng về yếu tố cháy này để giải thích những hiện tượng xảy ra khi các vật cháy, và tại sao một số loại "không khí" lại khiến các vật trong một khoang kín cháy được một thời gian, sau đó dường như chính chúng khiến cho sự cháy bị dập tắt. Đốt một miếng chì, và sản phẩm thu được (thứ còn lại sau sự cháy) sẽ nặng hơn miếng chì ban đầu. Điều này gợi ra giả thuyết rằng yếu tố cháy, thứ mà nhiều nhà khoa học tin rằng có trong chì rồi được giải phóng trong quá trình cháy, có khối lượng âm, có nghĩa là nó khiến cho các vật có chứa nó nhẹ hơn các vật không chứa nó.

Với hầu hết các vật khi cháy, sản phẩm sinh ra là các khí rất khó thu thập và cân. Ví dụ, đốt một que gỗ và sản phẩm người ta dễ dàng nhìn thấy, tro, nhẹ hơn que gỗ ban đầu rất nhiều; để tính được tổng khối lượng của sản phẩm, lượng khí thoát ra cần được thu thập, cân, và cộng vào.

Trong mô hình của Priestley, yếu tố cháy đã giữ vị trí của cái mà chúng ta ngày nay gọi là khí oxy, ngoại trừ việc nó có những đặc tính gần như trái ngược hoàn toàn! Đối với Priestly, khi các vật cháy, chúng mất yếu tố cháy và trở nên nhẹ hơn; nhưng chúng ta thì sẽ nói rằng chúng kết hợp với oxy, và ta biết rằng các vật sẽ nặng hơn khi việc này xảy ra. Khi cây nến tắt bên trong một bình chứa kín, hoặc nếu một con chim hoặc chuột chết sau một thời gian bị niêm phong trong một khoang kín có chứa không khí thường, Priestly giải thích rằng đó là vì không khí đã bão hòa yếu tố cháy, tức là chứa nhiều yếu tố cháy đến mức không thể chứa hơn được; còn chúng ta ngày nay đã biết rằng đó là do oxy đã được dùng hết. Điều này nhắc nhở chúng ta rằng người ta có thể

thực hiện những thí nghiệm và những phép đo hết sức thận trọng nhưng giải thích kết quả theo những cách rất khác nhau.

Người đàn ông đã đặt tên cho oxy vẫn được biết đến là "cha đẻ" của hóa học hiện đại, Antoine-Laurent Lavoisier (1743–1794), bị chết thảm khốc trong Cách mạng Pháp. Ông bị bắt, bị đấu tố, và bị hành hình trên máy chém, không phải vì ông là một nhà hóa học, mà vì ông là một "người thu thuế tư"§. Tại nước Pháp thời trước Cách mạng, những người đàn ông giàu có có thể trả một khoản phí cho Nhà nước để trở thành người thu thuế, và sau đó giữ lại những gì họ có thể thu được. Hệ thống này thối nát, nhưng không có bằng chứng gì cho thấy Lavoisier đã lợi dụng nó. Trên thực tế, ông dành rất nhiều thời gian trước Cách mạng để thực hiện nhiều nghiên cứu khoa học và kỹ thuật quan trọng cho Nhà nước, nghiên cứu một số vấn đề quan trọng trong sản xuất và nông nghiệp. Nhưng ông là người thuộc giới thượng lưu, và những thủ lĩnh của Cách mạng ghét ông và tầng lớp của ông, nên ông đã phải trả giá.

Giống Priestley, Cavendish và các nhà hóa học về các không khí khác, Lavoisier là một nhà thí nghiệm hăng say, và ông được vợ hỗ trợ. Trên thực tế, phu nhân Lavoisier là một nhân vật quan trọng trong khoa học. Marie-Anne Pierrette Paultze (1758–1836) cưới Lavoisier khi bà chỉ mới mười bốn tuổi (Lavoisier khi đó hai mươi tám tuổi), và họ cùng làm việc trong phòng thí nghiệm, làm các thí nghiệm, đọc và ghi chép kết quả. Ngoài ra, phu nhân Lavoisier là một nữ gia chủ đáng mến. Bà và chồng thường chiêu đãi những người đàn ông và phụ nữ có học thức, họ thường bàn luận về những thành tựu mới nhất trong khoa học và công nghệ. Cuộc hôn nhân của họ là một cuộc hôn nhân hạnh phúc của những người bạn đời thực sự.

Khi còn là học sinh, Lavoisier đã yêu khoa học. Tư duy sắc sảo và tham vọng khoa học của ông đã rất rõ ràng ngay từ nhỏ. Giống đa số những sinh viên nghiên cứu hóa học vào thời đó, ông lớn lên

với giả thuyết về yếu tố cháy, nhưng ông chỉ ra được một số lỗ hổng về logic và thực nghiệm của giả thuyết này. Lavoisier quyết tâm có được dụng cụ thí nghiệm tốt nhất có thể. Ông và vợ luôn phát minh ra thiết bị mới cho phòng thí nghiệm với mục tiêu cải thiện độ chính xác của các thí nghiệm hóa học. Ông sử dụng những cái cân cực kì chính xác để cân các chất trong thí nghiệm của ông. Một vài loại thí nghiệm khác nhau đã thuyết phục ông rằng khi các vật cháy, tổng khối lượng của tất cả các sản phẩm sau cháy tăng lên. Việc này bao gồm việc thu thập và cân tất cả các chất khí mà sự cháy sinh ra.

Lavoisier cũng tiếp tục tìm hiểu chuyện gì xảy ra khi chúng ta (và các loài động vật khác) thở. Những thí nghiệm này khiến ông chắc chắn rằng chất tham gia vào hoạt động cháy và hô hấp chỉ là một, và là một nguyên tố thật sự, chứ không phải là chất gì đó giống yếu tố cháy. Nguyên tố này có vẻ cũng rất cần thiết để tạo thành acid. Những phản ứng hóa học giữa acid và chất kiềm (đôi khi được gọi là “base”) từ lâu đã thu hút sự chú ý của các nhà hóa học. Bạn có nhớ phát minh ra giấy quỳ của Robert Boyle? Lavoisier đã tiếp tục dùng nghiên cứu này.

Thật vậy, ông tin rằng oxy (có nghĩa là “chất tạo ra acid”) cũng quan trọng trong acid đến nỗi mọi acid luôn chứa nguyên tố này. Chúng ta hiện nay đã biết rằng điều này không chính xác (acid clohydric, một trong những acid mạnh nhất, chứa hydro và clo, nhưng không có oxy). Nhưng rất nhiều phát biểu của Lavoisier về oxy vẫn được công nhận là một phần trong tri thức ngày nay. Chúng ta ngày nay biết rằng nó là nguyên tố cần cho sự cháy, hoặc cho chúng ta thở, và hai quá trình dường như rất khác nhau này lại có nhiều điểm chung. Con người sử dụng oxy để “đốt”, hoặc xử lý, đường và các thứ khác mà chúng ta ăn, để cung cấp cho cơ thể của chúng ta năng lượng mà thực hiện các chức năng hằng ngày.

Lavoisier và vợ tiếp tục các thí nghiệm hóa học của họ trong

những năm 80 của thế kỷ 18, và vào năm 1789, ngay trước Cách mạng Pháp, Lavoisier xuất bản cuốn sách nổi tiếng nhất của ông. Tên tiếng Anh của nó là *Elements of Chemistry (Những nguyên tố hóa học),* và nó đúng là chỉ như vậy. Nó là cuốn sách giáo khoa hiện đại đầu tiên về bộ môn này, chứa đầy thông tin về thí nghiệm và thiết bị, và cả những suy ngẫm của ông về bản chất của nguyên tố hóa học. Ngày nay chúng ta gọi chất nào đó không thể bị tách nhỏ hơn bằng các thí nghiệm hóa học là một nguyên tố. Một hợp chất là một sự kết hợp của nhiều nguyên tố mà, với thí nghiệm thích hợp, có thể bị tách nhỏ hơn về mặt hóa học. Cho nên, nước là một hợp chất, được tạo thành từ hai nguyên tố, hydro và oxy. Điểm khác biệt này là ý tưởng quan trọng nhất trong cuốn sách của Lavoisier. Danh sách các nguyên tố, hoặc "chất đơn giản", mà ông đưa vào cuốn sách, không bao gồm tất cả những nguyên tố mà các nhà hóa học ngày nay nhận diện được, vì vào thời đó có nhiều nguyên tố chưa được tìm ra. Tuy nhiên nó thật sự đã chứa đựng những điều đáng ngạc nhiên, ví dụ như ánh sáng và nhiệt. Nhưng Lavoisier đã thiết lập khung cơ sở để hiểu được sự khác biệt giữa một nguyên tố và một hợp chất.

Một điểm quan trọng không kém là niềm tin của ông rằng ngôn ngữ của hóa học phải chính xác. Cùng một vài đồng nghiệp, Lavoisier đã cải cách ngôn ngữ trong bộ môn khoa học của ông, và chứng minh rằng để làm được khoa học tốt, từng từ ngữ bạn sử dụng phải chính xác. (Linnaeus hẳn sẽ đồng ý.) Các nhà hóa học cần biết cách chỉ định chính xác các hợp chất và nguyên tố họ đã dùng trong thí nghiệm, để bất cứ nhà hóa học nào khác, ở bất cứ đâu trên thế giới, cũng có thể hiểu được họ đang làm việc với chính xác cùng những thứ đó. Ông viết, "Chúng ta suy nghĩ qua công cụ trung gian duy nhất là ngôn từ." Sau Lavoisier, càng ngày càng nhiều nhà hóa học sử dụng chung một ngôn ngữ.

← Nguyên văn: phlogiston. ← Nguyên văn: tax farmer. Đây là những người hoặc nhóm người, thường không phải công chức hoặc viên chức nhà nước, nhưng được nhà nước trao quyền thay mặt nhà nước thu thuế.

Chương 21

Những mảnh vật chất nhỏ xíu

Nguyên tử đã từng mang tiếng rất xấu. Bạn có nhớ những người Hy Lạp cổ đại với ý niệm về nguyên tử như một phần của một Vũ Trụ hoàn toàn ngẫu nhiên và không có mục đích? Vậy làm thế nào mà ngày nay, đối với chúng ta, việc được tạo thành từ nguyên tử dường như tự nhiên đến vậy?

Lý thuyết hiện đại về "nguyên tử" là thành quả trí tuệ độc đáo của một thành viên của phái Giáo hữu, John Dalton (1766–1844). Là con của một thợ dệt vải, ông học ở một trường tốt gần nơi ông sinh ra, tại Lake District, Anh. Ông đặc biệt giỏi môn toán và khoa học, và một nhà toán học khiếm thị nổi tiếng đã khuyến khích tham vọng toán học của ông. Dalton định cư tại Manchester ở gần đó, một thị trấn đang trong thời kỳ hưng thịnh và phát triển nhanh vào thời kỳ đầu của Cách mạng Công nghiệp, khi những nhà máy bắt đầu thống trị hoạt động sản xuất tất cả các loại hàng hóa. Tại đây, ông làm giảng viên và giáo viên hướng dẫn riêng. Ông là người đầu tiên thuyết trình về chứng mù màu, dựa trên tình trạng này của chính ông. Trong nhiều năm, chứng mù màu đã được gọi là "Hội chứng Dalton". Nếu bạn biết ai đó bị mù màu, đó có khả năng cao là một cậu bé, vì các cô bé hiếm khi mắc chứng này.

Dalton cảm thấy thoải mái như ở nhà khi tham gia vào Hội Văn

học và Triết học Manchester. Những thành viên tích cực trong Hội đã trở thành một gia đình mở rộng của người đàn ông nhút nhát và không bao giờ lập gia đình này. Hội "Văn và Triết" ở Manchester là một trong nhiều hội tương tự được thành lập từ thế kỷ 18 ở các thị trấn và thành phố trên toàn châu Âu và Bắc Mỹ. Benjamin Franklin, một điện nhân, là một trong những người sáng lập ra Hội Triết học Mỹ ở Philadelphia. Tất nhiên, "triết học tự nhiên" chính là cái mà ngày nay chúng ta gọi là khoa học. Từ "Văn học" trong tên của Hội ở Manchester nhắc nhở chúng ta rằng vào thời đó khoa học vẫn chưa tách rời khỏi các lĩnh vực khác của hoạt động trí óc; các thành viên sẽ tụ tập để nghe diễn thuyết về bất cứ bộ môn nào, từ các vở kịch của Shakespeare đến khảo cổ học và hóa học. Thời đại của chuyên môn hóa, khi các nhà hóa học hầu như chỉ trao đổi với các nhà hóa học khác, hoặc các nhà vật lý học với các nhà vật lý học khác, nằm ở tương lai. Thật phấn khích khi chủ đề lại rộng đến vậy!

Dalton là tia sáng dẫn đường cho đời sống khoa học ở Manchester, và nghiên cứu của ông dần được đánh giá cao trên toàn châu Âu và Bắc Mỹ. Ông làm một vài nghiên cứu thực nghiệm quan trọng trong hóa học, nhưng danh tiếng của ông khi đó và cho đến ngày nay vẫn đến từ ý tưởng của ông về nguyên tử hóa học. Các nhà hóa học trước ông đã chứng minh rằng khi các chất hóa học phản ứng với nhau, chúng phản ứng theo những cách có thể dự đoán được. Khi hydro "cháy" trong không khí bình thường (mà một phần trong đó là oxy), sản phẩm thu được luôn là nước, và nếu bạn đo mọi thứ cẩn thận, bạn có thể thấy rằng tỉ lệ hai chất khí kết hợp với nhau để tạo thành nước là không đổi. (Đừng thử thí nghiệm này ở nhà, vì hydro rất dễ cháy, và nó có thể phát nổ.) Tính quy tắc này cũng xuất hiện trong các thí nghiệm hóa học khác với các chất khí, chất lỏng, và chất rắn. Tại sao lại như vậy?

Đối với Lavoisier, ở thế kỷ trước, việc này xảy ra vì các nguyên tố là các đơn vị vật chất cơ bản và không thể bị phân chia thành

các phần nhỏ hơn. Dalton gọi đơn vị vật chất nhỏ nhất là "nguyên tử". Ông nhấn mạnh rằng nguyên tử của cùng một nguyên tố luôn giống nhau, nhưng khác với nguyên tử của các nguyên tố khác. Ông tưởng tượng ra nguyên tử là một hạt vật chất rắn, siêu nhỏ, và được nhiệt bao quanh. Nhiệt lượng xung quanh các nguyên tử giúp ông giải thích được tại sao các nguyên tử của ông, và những hợp chất chúng tạo ra khi kết hợp với các nguyên tử khác, có thể tồn tại ở nhiều trạng thái. Ví dụ, nguyên tử của hydro và oxy có thể tồn tại dưới dạng nước đá cứng (khi chúng có ít nhiệt nhất), hoặc ở dạng nước lỏng, hoặc dạng hơi nước (khi chúng có nhiều nhiệt nhất).

Dalton làm các mô hình với các hình cắt giấy nhỏ để đại diện cho các nguyên tử của ông. Ông đánh dấu các miếng cắt bìa carton bằng các dấu hiệu, để tiết kiệm không gian (và thời gian) khi viết tên của các hợp chất và phản ứng của chúng (cứ như thể ông đang gửi một tin nhắn hiện đại). Lúc đầu, hệ thống này của ông quá kì cục khiến người ta không thể sử dụng dễ dàng, nhưng nó là ý tưởng đúng đắn, vì thế các nhà hóa học quyết định sử dụng những chữ cái đầu tiên trong tên các nguyên tố làm kí hiệu đại diện cho chúng (và vì thế cho cả các nguyên tử của Dalton). Như vậy, hydro trở thành "H", oxy thành "O" và carbon thành "C". Đôi khi người ta phải thêm một chữ cái nữa để tránh nhầm lẫn: ví dụ, khi sau đó người ta tìm ra nguyên tố heli, nó không thể mang kí hiệu H nên nó trở thành "He".

Thuyết nguyên tử của Dalton tuyệt vời ở chỗ nó cho phép các nhà hóa học biết nhiều điều về những hạt vật chất nhỏ này, mà trên thực tế họ không bao giờ có thể thực sự nhìn thấy. Nếu mọi nguyên tử của một nguyên tố đều giống nhau, thì chúng phải nặng như nhau, nên các nhà hóa học có thể đo một nguyên tố nặng thế nào trong tương quan với nguyên tố khác. Trong một hợp chất được tạo thành từ nhiều nguyên tố khác nhau, họ có thể đo được có bao nhiêu nguyên tử mỗi loại trong hợp chất đó, bằng khối

lượng tương đối. (Dalton không thể thực sự đo được một hạt nguyên tử nặng bao nhiêu, nên nguyên tử khối chỉ được so với khối lượng của các nguyên tử khác.) Dalton là người tiên phong trong việc này, và không phải lúc nào ông cũng có được kết quả đúng. Ví dụ, khi hydro và oxy kết hợp để tạo thành nước, ông giả thiết rằng một nguyên tử hydro và một nguyên tử oxy tham gia vào phản ứng này. Bằng việc cân đo cẩn thận, ông gán cho nguyên tử hydro khối lượng là một (hydro là nguyên tố nhẹ nhất con người từng biết đến), và nguyên tử khối của oxy là 7, nên ông phát biểu rằng chúng có tỉ lệ khối lượng là 1 so với 7, hoặc 1:7. Ông luôn làm tròn nguyên tử khối thành số nguyên và những khối lượng tương đối mà ông đang nghiên cứu gợi ý rằng ông đã đúng. Trên thực tế, tỉ lệ khối lượng trong nước gần với 1:8 hơn. Chúng ta cũng biết rằng có tới hai nguyên tử hydro trong mỗi phân tử nước, nên tỉ lệ khối lượng thực ra là 1:16 – một của hydro so với mười sáu của oxy. Nguyên tử khối hiện tại của oxy là 16. Hydro vẫn luôn giữ được nguyên tử khối kì diệu của nó, là giá trị 1 mà Dalton gán đã cho nó. Hydro không chỉ là nguyên tử nhẹ nhất, nó còn là nguyên tử phổ biến nhất trong Vũ Trụ.

Thuyết nguyên tử của Dalton giải nghĩa được các phản ứng hóa học, bằng cách cho thấy những nguyên tố hoặc nguyên tử kết hợp với nhau theo những tỉ lệ cố định như thế nào. Tức là, hydro và oxy hoạt động như vậy khi chúng hình thành nước, carbon và oxy cũng như vậy khi chúng tạo ra carbonic, nitro và hydro cũng như vậy khi tạo ra amoniac. Tính quy tắc và bất biến như vậy, cùng với những dụng cụ đo lường càng ngày càng chính xác, đưa hóa học trở thành một ngành khoa học tiên tiến nhất vào đầu thế kỷ 19. Thuyết nguyên tử của Dalton đã đặt nền móng cho nó.

Humphry Davy (1778–1829) là nhân vật trung tâm của bộ môn hóa học này. Trong khi Dalton lặng lẽ, thì Davy lại khoa trương và có tham vọng lớn về địa vị xã hội. Giống Dalton, ông xuất thân từ tầng lớp lao động và đi học tại một trường tốt ở Cornwall. Ông

cũng gặp may mắn. Ông được làm học trò của một bác sĩ sống ở gần đó, người muốn đào tạo Davy thành một bác sĩ gia đình. Thay vào đó, Davy đã sử dụng những cuốn sách mà thầy ông sở hữu để tự học hóa học (và các ngoại ngữ). Ông chuyển đến Bristol, trở thành trợ lý trong một y viện đặc biệt chuyên sử dụng các loại khí để chữa trị cho bệnh nhân. Trong thời gian ở đây, Davy thí nghiệm với nitro oxide, còn gọi là "khí cười" vì khi bạn hít khí này vào, nó sẽ làm bạn cảm thấy muốn cười. Cuốn sách về khí của Davy, xuất bản năm 1800, đã gây xôn xao dư luận, vì cho đến thời điểm đó nitro oxide đã trở thành một loại "chất kích thích giải trí" và các bữa tiệc với nitro oxide rất được ưa chuộng vào thời đó. Davy cũng lưu ý rằng, sau khi hít loại khí này vào, bạn không cảm thấy đau, và đề xuất rằng nó có thể có ích trong y học. Cần tới 40 năm để các bác sĩ nghe theo đề xuất của ông, và khí này cho đến nay vẫn thỉnh thoảng được sử dụng như thuốc giảm đau trong y học và nha khoa hiện đại.

Chỉ có thành phố London vĩ đại mới có thể thỏa mãn tham vọng của Davy. Ông có được cơ hội trở thành giảng viên môn hóa học tại Viện Hoàng gia, một tổ chức đưa khoa học đến với tầng lớp trung lưu. Davy, người đàn ông của những buổi biểu diễn, rất thành công ở đây. Những buổi diễn thuyết về hóa học của ông thu hút những đám đông lớn – người ta thường đến những buổi giảng bài này để giải trí đồng thời học hỏi. Davy trở thành giáo sư ở Viện Hoàng gia, và những nghiên cứu của ông phát triển phong phú. Cùng với những nhà hóa học khác, ông phát hiện ra tác dụng hóa học của pin Volta, pin đầu tiên trên thế giới. Ông hòa tan hợp chất vào chất lỏng để tạo thành dung dịch và rồi dùng pin Volta để đưa một dòng điện qua dung dịch, và phân tích những gì xảy ra. Điều ông nhìn thấy là ở nhiều dung dịch, nguyên tố và hợp chất bị thu hút về một đầu (cực), hoặc âm, hoặc dương, của pin. Davy xác định được một vài nguyên tố mới bằng cách này, ví dụ như natri và kali, hai nguyên tố đều tập trung xung quanh cực âm. Natri là

một phần của hợp chất natri clorua, chất khiến cho nước biển có vị mặn, và cũng là thứ chúng ta vẫn cho vào thức ăn. Khi những nguyên tố mới được tìm ra, Davy có thể thí nghiệm với chúng và tìm ra nguyên tử khối tương đối của chúng.

Pin Volta, với cực âm và cực dương của nó, đã thay đổi cách các nhà khoa học tư duy về nguyên tử và hợp chất hóa học. Những thứ tích điện dương đi về phía cực âm, và những thứ tích điện âm đi về phía cực dương. Điều này giải thích tại sao các nguyên tố có xu hướng tự nhiên là kết hợp với nhau. Nhà hóa học người Thụy Điển, Jöns Jacob Berzelius (1779–1848) đã đưa kiến thức này thành phần cốt lõi trong học thuyết nổi tiếng của ông về kết hợp hóa học. Berzelius đã phải vượt qua một tuổi thơ khó khăn. Cha mẹ ông đều mất khi ông còn nhỏ, và ông được nhiều người họ hàng nuôi nấng. Nhưng khi trưởng thành, ông trở thành một trong những nhà hóa học có ảnh hưởng lớn nhất châu Âu. Ông khám phá ra niềm vui của nghiên cứu khi ông đang được đào tạo để trở thành một bác sĩ, và có đủ điều kiện để làm việc với tư cách một nhà hóa học tại thủ đô của Thụy Điển, Stockholm, nơi ông sinh sống. Ông cũng đi rất nhiều, đặc biệt là đến Paris và London – những nơi đầy hứng thú cho một nhà hóa học.

Giống Davy, Berzelius sử dụng pin Volta để quan sát các hợp chất trong dung dịch. Ông khám phá ra một vài nguyên tố mới bằng cách này, và ông đã xuất bản một danh sách của chúng cùng với nguyên tử khối chính xác nhất tới thời điểm đó. Ông tìm ra nguyên tử khối này bằng cách phân tích cẩn thận khối lượng tương đối của những chất kết hợp với nhau để tạo ra hợp chất, hoặc bằng cách chiết tách hợp chất rồi cẩn thận đo những sản phẩm thu được sau đó. Bảng hóa học xuất bản năm 1818 của ông liệt kê nguyên tử khối của 45 nguyên tố, với nguyên tử khối của hydro vẫn là 1. Nó cũng đưa ra công thức thành phần của hơn 2.000 hợp chất. Chính Berzelius đã là người phổ biến phương pháp định danh nguyên tố của Dalton bằng một hoặc hai chữ cái đầu

tiên trong tên của chúng: C cho carbon, Ca cho canxi, và cứ như vậy. Điều này khiến cho ngôn ngữ của các phản ứng hoá học trở nên dễ đọc hơn nhiều. Khi các hợp chất chứa nhiều hơn một nguyên tử của một nguyên tố, ông biểu thị điều này bằng một số phía sau chữ. Berzelius đặt con số đó phía trên chữ, nhưng các nhà khoa học ngày nay đặt nó ở phía dưới: O_2 nghĩa là có hai nguyên tử oxy. Ngoại trừ điểm đó, Berzelius viết các công thức hóa học rất giống cách chúng ta viết hiện nay.

Berzelius hiểu về các hợp chất vô cơ nhiều hơn các hợp chất hữu cơ. Các hợp chất "hữu cơ" là những hợp chất chứa carbon và gắn liền với những vật sống: đường và protein là hai ví dụ. Các hợp chất hữu cơ thường có cấu tạo hóa học phức tạp hơn các hợp chất vô cơ, và chúng có xu hướng phản ứng theo những cách khác với cách phản ứng của acid, muối, và chất khoáng, những đối tượng nghiên cứu chủ yếu của Berzelius. Berzelius nghĩ rằng không thể giải thích những phản ứng xảy ra trong cơ thể chúng ta (hoặc trong cơ thể của những vật sống khác như cây cối hay những con bò) theo cách chúng ta giải thích những phản ứng trong phòng thí nghiệm. Vào thời ông sống, hóa học hữu cơ đang được phát triển tại Pháp và Đức, và mặc dù ông tách mình khỏi những nhà hóa học này, ông thực ra đã đóng góp vào những nghiên cứu của họ. Đầu tiên, ông nghĩ ra cái tên "protein" để mô tả một trong những loại hợp chất hữu cơ quan trọng nhất. Thứ hai, ông nhận ra rằng nhiều phản ứng hóa học không xảy ra trừ khi có sự xuất hiện của một chất thứ ba. Ông gọi chất thứ ba này là "chất xúc tác". Nó giúp cho phản ứng diễn ra, thường là đẩy nhanh phản ứng, nhưng nó không thực sự thay đổi trong phản ứng, không như những hóa chất khác kết hợp với nhau hoặc tách ra. Các chất xúc tác được tìm thấy ở khắp nơi trong tự nhiên, và cố gắng hiểu cách chúng hoạt động vẫn là mục tiêu của nhiều nhà hóa học từ thời của Berzelius.

Ở một nơi khác ở châu Âu, "nguyên tử" giúp các nhà hóa học hiểu được nghiên cứu của họ. Tuy nhiên, vẫn còn rất nhiều câu

hỏi. Năm 1811, ở Ý, nhà vật lý học Amedeo Avogadro (1776–1856) đã có một phát biểu táo bạo. Phát biểu đó táo bạo đến mức nó bị các nhà hóa học phớt lờ trong gần 40 năm. Ông tuyên bố rằng số lượng phân tử của bất cứ chất khí nào, trong một thể tích xác định và ở nhiệt độ không đổi, là một con số không đổi. “Giả thuyết của Avogadro”, như sau này người ta đặt tên cho nó, có những hệ quả quan trọng. Nó có nghĩa là người ta có thể tính toán trực tiếp phân tử khối của các chất khí, sử dụng một công thức mà ông đã nghĩ ra. Ý tưởng, hay có thể gọi là giả thuyết, của ông cũng hỗ trợ người ta chỉnh sửa học thuyết nguyên tử của Dalton, vì nó giúp giải thích một đặc tính kì thú của một trong những chất khí được nghiên cứu nhiều nhất, hơi nước. Các nhà hóa học từ lâu đã luôn thắc mắc tại sao thể tích của hydro và oxy trong một lượng hơi nước nhất định lại không đúng như họ nghĩ nếu giả thiết rằng một nguyên tử hydro kết hợp với một nguyên tử oxy tạo ra một phân tử nước. Thì ra, có tới hai nguyên tử hydro cho mỗi nguyên tử oxy trong hơi nước. Các nhà hóa học đã phát hiện ra nhiều chất khí, bao gồm cả khí hydro và khí oxy, tồn tại trong tự nhiên không ở dạng những nguyên tử đơn lẻ mà ở dạng những phân tử: hai hoặc nhiều hơn hai nguyên tử kết hợp với nhau: H_2 và O_2 như chúng ta gọi chúng.

Ý tưởng của Avogadro dường như không có lý, nếu bạn tin vào thuyết nguyên tử của Dalton, và giả thuyết của Berzelius về nguyên tử của nguyên tố có đặc tính âm hoặc dưỡng định sẵn. Làm thế nào mà hai nguyên tử oxy đều mang điện tích âm lại liên kết với nhau? Những vấn đề này khiến cho nghiên cứu của Avogadro đã bị phớt lờ trong một gian dài. Tuy nhiên, rất lâu sau đó, nó giải thích được rất nhiều câu hỏi hóa học và giờ đây là một phần cơ bản quan trọng trong những hiểu biết của chúng ta về nguyên tử trong hóa học. Khoa học thường như vậy: tất cả những mảnh ghép chỉ khớp với nhau sau một thời gian dài và sau đó mọi thứ bắt đầu trở nên có lý.

Chương 22

Lực, trường và từ

Thuyết nguyên tử của Dalton góp phần tạo ra hóa học hiện đại, nhưng có những cách khác để xem xét các nguyên tử. Đầu tiên, chúng không đơn thuần chỉ kết hợp với nhau để tạo ra hợp chất mà còn làm được hơn thế rất nhiều. Các nguyên tử không đơn thuần đi vào các phản ứng hóa học. Cả Davy và Berzelius đã khéo léo vận dụng hiện tượng các nguyên tử trong một dung dịch có thể bị thu hút về cực âm hoặc cực dương nếu một dòng điện chạy qua dung dịch: các nguyên tử cũng là một phần của "điện". Trong một dung dịch nước biển, tại sao natri lại tụ vào cực âm, và clo lại tụ vào cực dương?

Những câu hỏi tương tự đã được bàn luận sôi nổi vào thế kỷ 19. Một trong những nhà nghiên cứu chính là Michael Faraday (1791–1867). Faraday là một người đàn ông phi thường. Sinh ra trong một gia đình bình dân, ông chỉ có được giáo dục cơ bản. Ông dành thời trẻ học cách đóng sách, nhưng ông khám phá ra khoa học và dành thời gian rảnh để đọc bất cứ thứ gì ông có thể tìm được liên quan đến khoa học. Một cuốn sách thiếu nhi về hóa học được nhiều người ưa thích thời đó đã thổi bùng lên trí tưởng tượng của ông, và một khách hàng của hiệu đóng sách nơi ông làm việc đã cho ông một vé đến nghe buổi diễn thuyết của Humphry

Davy ở Viện Hoàng gia. Faraday sung sướng lắng nghe và ghi chép cẩn thận bằng lối viết tay rõ ràng, sạch gọn của mình. Luôn luôn hào hứng, ông trình những ghi chép của mình cho Davy, người ngay lập tức đã ấn tượng với sự chính xác của những ghi chép này, nhưng ông khuyên Faraday rằng không có công ăn việc làm nào trong khoa học, và đóng sách là một nghề tốt hơn đối với một người cần kiếm sống.

Tuy nhiên, không lâu sau, một trợ lý phòng thí nghiệm tại Viện Hoàng gia bị sa thải, và Davy đề xuất Faraday nhận công việc này. Faraday đã làm việc tại đó trong toàn bộ phần đời còn lại của ông, góp phần biến nó thành một nơi sinh ra lợi nhuận cùng danh tiếng lớn. Những ngày đầu tiên của Faraday ở Viện được dành để giải các phương trình hóa học cho Davy. Faraday làm việc đặc biệt xuất sắc trong phòng thí nghiệm, nhưng ông tiếp tục đọc về các vấn đề khoa học tổng quát hơn. Ông là một thành viên mộ đạo của một nhóm Tân giáo đặc biệt; ông dành nhiều thời gian cho Giáo Hội của mình, và niềm tin tôn giáo của ông đã cũng dẫn đường cho những câu hỏi khoa học của ông. Rất đơn giản, ông cho rằng Chúa Trời đã sáng tạo ra Vũ Trụ như nó vẫn vậy, nhưng chính con người có khả năng hiểu được cách cả Vũ Trụ này khép lại.

Không lâu sau khi Faraday vào Viện Hoàng gia, Davy và vợ mới cưới của ông đi du ngoạn châu Âu, và họ đưa Faraday đi cùng. Người vợ thuộc tầng lớp thượng lưu của Davy đối xử với Faraday như với một người hầu, nhưng chuyến đi kéo dài 18 tháng đã cho phép Faraday gặp nhiều nhân vật trong giới khoa học hàng đầu châu Âu. Trở về London, Faraday và Davy tiếp tục nghiên cứu nhiều vấn đề có tính thực tiễn: điều gì gây ra các vụ nổ trong hầm mỏ; các đáy tàu làm bằng đồng có thể được cải tiến như thế nào, những đặc tính quang học của thủy tinh là gì? Trong khi Davy ngày càng quan tâm đến lý thuyết chính trị khoa học, Faraday ngày càng tự chủ hơn, và ông chuyển hướng chú ý đến mối liên hệ giữa điện và từ trường.

Năm 1820, nhà vật lý học người Đan Mạch, Hans Christian Oersted (1777–1851) khám phá ra điện từ: sự thao túng một dòng điện để nó tạo ra một từ "trường". Từ tính đã được biết đến trước đó rất lâu, và la bàn với kim sắt của nó luôn chỉ về hướng Bắc vẫn còn hữu dụng đến ngày nay. Những người làm hoa tiêu đã sử dụng la bàn từ rất lâu trước khi Columbus tìm ra châu Mỹ, và các triết gia tự nhiên đã luôn đặt câu hỏi tại sao chỉ một vài chất (ví dụ như sắt) có thể được từ hóa. Đa số những vật khác không thể. Thực tế rằng các la bàn luôn chỉ về cùng một hướng có nghĩa là Trái Đất chính là một nam châm khổng lồ.

Điện từ của Oersted đã tạo ra một làn sóng hứng thú trong giới khoa học, và Faraday đã đảm nhận thử thách. Vào tháng Chín năm 1821, ông thiết kế ra một trong những thí nghiệm nổi tiếng nhất trong lịch sử khoa học. Khi làm việc với một kim từ tính nhỏ, ông phát hiện ra rằng cây kim sẽ liên tục quay tròn nếu bao quanh nó là các dây có dòng điện chạy qua. Khi dòng điện chạy qua cuộn dây, nó tạo ra một từ trường, cây kim luôn bị hút vào đó và quay tròn hết vòng này tới vòng khác. Đây là kết quả của một hiện tượng mà Faraday gọi là các "đường sức", và ông nhận ra tầm quan trọng của nó. Việc mà ông đã làm là, lần đầu tiên trong lịch sử, chuyển năng lượng điện (điện) thành năng lượng cơ học (chuyển động hoặc công suất của cây kim xoay). Ông đã phát minh ra nguyên lý của tất cả các động cơ điện của chúng ta. Những động cơ này cũng chuyển điện thành công suất, trong máy giặt, máy chạy đĩa CD, hoặc máy hút bụi.

Faraday tiếp tục nghiên cứu điện và từ tính trong 30 năm tiếp theo. Ông là một trong những nhà thí nghiệm tài năng nhất từng sống trên đời: suy nghĩ kĩ càng khi lên kế hoạch làm việc và cẩn trọng khi thực hiện nó. Quá trình tự học của ông không bao gồm toán học, nên các bài nghiên cứu khoa học của ông đọc rất giống những ghi chép trong cuốn sổ tay phòng thí nghiệm: những mô tả tỉ mỉ về các thiết bị của ông, những gì ông làm và những gì ông

quan sát được. Nghiên cứu của ông giúp những nhà khoa học hiểu được vai trò của điện tích trong các phản ứng hóa học. Vào đầu những năm 30 của thế kỷ 19, ông đã thêm máy phát điện và máy biến thế vào danh sách các phát minh của mình. Ông tạo ra máy phát điện bằng cách cho một nam châm vĩnh cửu chuyển động ra ngoài và vào trong một cuộn dây, và điều này tạo ra một dòng điện. Để tạo ra máy biến thế, ông cho một dòng điện chạy qua một sợi dây được cuộn quanh một phần của vòng sắt, điều này tạo ra một dòng điện chớp nhoáng trong một dây khác được cuộn quanh phần còn lại của vòng sắt. Faraday biết những thí nghiệm này còn thô sơ, nhưng ông cũng biết rằng mình đang tiến đến một thứ gì đó rất quan trọng. Mối liên hệ giữa điện, từ và sự chuyển đổi từ năng lượng điện sang năng lượng cơ học đã truyền động lực cho thế giới hiện đại ngày nay của chúng ta, theo nghĩa đen.

Faraday tiếp tục duy trì những mối quan tâm khoa học rộng khắp của ông, và dành nhiều thời gian tham gia vào các hội đồng khoa học và điều hành Viện Hoàng gia. Ông khởi đầu những Bài giảng Giáng Sinh của Viện, mà cho đến ngày nay vẫn được nhiều người ưa thích (bạn có thể đã theo dõi một bài giảng này trên truyền hình). Nhưng điện và từ vẫn là tình yêu chính của ông. Đam mê của ông để lại cho chúng ta nhiều từ vựng mới và những ứng dụng có ích. Ông thậm chí đùa bỡn về các phát minh của mình. Khi ông được một chính trị gia hỏi về giá trị thực tiễn của điện, người ta cho rằng ông đã đáp: “Ôi, thưa ngài, rất có khả năng là ngài sẽ sớm có thể đánh thuế nó!”

Bên kia Đại Tây Dương, một hệ quả thay đổi cả thế giới nữa xuất phát từ những mối quan tâm đến điện và từ đã xuất hiện: điện tín. Gửi tín hiệu qua dây điện đã bắt đầu vào những năm đầu thế kỷ 19, nhưng Samuel Morse (1792–1872), người Mỹ, đã phát triển ra điện tín tầm xa đầu tiên. Năm 1844, ông gửi một thông điệp đi xa 61 kilomet (sử dụng mã Morse mang tên ông) từ Washington DC. đến Baltimore. Trao đổi thông tin bằng điện tín

nhanh chóng phát triển trên toàn thế giới và người Anh đã sử dụng nó để kết nối với những tiền đồn của đế chế vươn rộng của họ. Giờ đây, người ta có thể giao tiếp với nhau nhanh chóng và các tin tức có thể được báo cáo không lâu sau khi sự kiện diễn ra.

Faraday nảy ra một ý tưởng về một "trường" hoạt động để giải thích tại sao điện và từ lại có những tính chất đáng ngạc nhiên của chúng. Trường (vùng ảnh hưởng) đã được các nhà khoa học trước đó sử dụng, khi họ cố gắng giải thích những bí ẩn của các phản ứng hóa học, điện, từ, ánh sáng và lực hấp dẫn. Họ cho rằng, những đối tượng này vận động trong một không gian hoặc vùng đặc biệt, giống như những trò chơi khác nhau được chơi trên những mặt sân, thao trường, hoặc bãi riêng của trò chơi đó. Faraday coi đây là ý tưởng cốt lõi trong cách giải thích của ông về điện và từ, lý luận rằng điều quan trọng là đo được trường vận động, thay vì suy nghĩ quá nhiều về việc điện, ánh sáng, và từ thực chất là gì. Nhưng người ta có thể biểu diễn sự tồn tại của lực của một điện trường trong các thí nghiệm.

Faraday đã không thể tin rằng một thứ như lực hấp dẫn lại có thể lan truyền qua chân không. Faraday giải quyết vấn đề này bằng cách giả thiết rằng không tồn tại thứ gọi là sự trống rỗng tuyệt đối. Thay vào đó, ông lý luận, không gian chứa đầy một chất rất tinh vi được gọi là "aether". Aether này (không liên quan gì đến ether, khí gây tê và gây mê) giúp cho các nhà vật lý học và hóa học có thể giải thích rất nhiều điều dựa trên nguyên lý ảnh hưởng trực tiếp. Như thế, "trường" của Faraday xung quanh các dòng điện hoặc nam châm có thể là kết quả của việc dòng điện hoặc nam châm đó kích thích thứ vật chất hết sức tinh khiết tạo thành aether. Lực hấp dẫn cũng trở nên dễ giải thích hơn theo cách này: nếu thuyết này không đúng, dường như phải có một lực huyền bí kì lạ nào đó như quyền năng ma thuật của các nhà giả kim thuật thời xưa, một thứ gì đó mà những người thời hiện đại như Faraday không tin vào. Aether không phải là thứ gì đó mà bạn có

thể nhìn thấy hoặc cảm thấy, nhưng các nhà vật lý học nghĩ rằng nó lý giải cho những kết quả thí nghiệm của họ. Ở Vương quốc Anh, người ta tiếp tục sử dụng thuyết aether cho đến đầu thế kỷ 20, khi những thí nghiệm chứng minh rằng nó thật sự không tồn tại.

Nhiều nghiên cứu của Faraday về lực tỏ ra hữu ích hơn thế. Những nhà vật lý học sau ông mở rộng chúng và đưa ra những mô tả toán học tốt hơn về điện, từ và nhiều hiện tượng khác mà thế giới vật lý để lộ ra trong quá trình học khám phá nó. Faraday là nhà vật lý học vĩ đại cuối cùng không sử dụng toán học.

Người đàn ông thực sự kế thừa được di sản của Faraday là James Clerk Maxwell (1831–1879), một người thuộc nhóm những nhà vật lý toán học mới, Maxwell thường được nhắc đến cùng với Newton và Einstein. Ông chắc chắn là một trong những nhà vật lý học sáng tạo nhất mọi thời đại. Ông sinh ra Edinburgh và được đào tạo tại đây cho đến khi ông chuyển tới Đại học Cambridge. Ông trở về Scotland để giảng dạy trong thời gian ngắn, nhưng vào năm 1860 ông đến trường King's College, London. Tại đó, ông đã có vài năm làm việc hiệu quả nhất đời mình. Trước đó, ông đã mô tả những vành đai của Sao Thổ, nhưng ở London ông đã xây dựng một lý thuyết về màu và chụp được bức ảnh màu đầu tiên. Ông luôn luôn quan tâm đến điện và từ, và đã gắn chặt chúng với nhau: sau Maxwell, các nhà vật lý học đã có thể sử dụng toán học để mô tả điện từ. Maxwell đã cung cấp những công cụ và phương trình toán học để mô tả những ý tưởng của Faraday về trường. Những phương trình của ông chứng minh rằng các trường điện từ có những đặc tính giống như sóng, một phát hiện rất quan trọng trong vật lý học. Sóng này di chuyển với tốc độ của ánh sáng, và chúng ta ngày nay biết rằng ánh sáng và năng lượng từ Mặt Trời đến với chúng ta ở dạng các sóng điện từ. Thật vậy, Maxwell đã dự đoán được toàn bộ dải sóng mà chúng ta biết: sóng radio cho phép phát đi các buổi phát thanh radio, vi sóng trong căn bếp của

chúng ta, tia cực tím và hồng ngoại ở phía trên và phía dưới các màu trong dải màu cầu vồng§, cũng như tia X và sóng gamma hay còn gọi là tia gamma. Những sóng này ngày nay là một phần của cuộc sống hằng ngày. Nhưng đa số những dạng năng lượng này vẫn còn chưa được khám phá khi Maxwell dự đoán ra chúng, do đó không có gì ngạc nhiên khi người ta cần thời gian để hiểu và trân trọng thiên tài của ông. Cuốn sách *Bài luận chuyên sâu về điện và từ (Treatise on Electricity and Magnetism, 1873)* của ông có lẽ là cuốn sách về vật lý học quan trọng nhất, ra đời giữa cuốn *Principia* của Newton và những cuốn sách quan trọng khác của thế kỷ 20.

Trước thời điểm ông viết cuốn sách này, Maxwell đã đến Cambridge để lập ra Phòng thí nghiệm Cavendish, nơi nhiều nghiên cứu vật lý học quan trọng của những thập kỷ sau đó được thực hiện, Maxwell qua đời khi còn trẻ, chỉ mới 48 tuổi, nhưng trước đó ông đã kịp tiến hành nghiên cứu có tính nền tảng quan trọng về cách các chất khí vận động, sử dụng những kỹ thuật thống kê toán học đặc biệt. Điều này cho phép ông mô tả cách rất nhiều nguyên tử trong một chất khí, trong đó mỗi hạt di chuyển với những tốc độ hơi khác nhau và theo những hướng khác nhau, sẽ tạo ra những hiệu ứng mà chúng vẫn tạo ra ở những điều kiện nhiệt độ và áp suất khác nhau. Ông cung cấp các công cụ toán học để giải thích những gì Robert Boyle và Robert Hooke đã quan sát được từ nhiều năm trước đó. Maxwell cũng phát triển khái niệm cơ bản về các "cơ chế điều chỉnh phản hồi": những quá trình diễn ra theo vòng lặp, mà ông gọi là "bộ điều chỉnh". Những cơ chế này rất quan trọng trong công nghệ, trong những bước phát triển trí tuệ nhân tạo của thế kỷ 20 và trong máy tính. Chúng cũng diễn ra trong chính cơ thể chúng ta. Ví dụ, khi chúng ta quá nóng, cơ thể cảm nhận được điều này và chúng ta toát mồ hôi. Mồ hôi làm mát cơ thể chúng ta khi nó bay hơi. Hoặc, nếu chúng ta lạnh, chúng ta run, và sự co cơ trong cơn run ấy tạo ra nhiệt sưởi ấm cơ thể. Những cơ chế điều chỉnh phản hồi này giúp cho chúng ta duy trì

được một thân nhiệt không đổi.

Maxwell có khiếu hài hước nhẹ nhàng, rất sùng đạo và thân thiết với vợ, người luôn kiểm soát ông chặt chẽ. Sau những bữa dạ tiệc, bà thường sẽ nói, “James, anh đang bắt đầu cho phép mình tận hưởng quá mức rồi đấy, đến lúc về nhà rồi.” May mắn thay, bà không ngăn cản niềm vui của ông trong phòng thí nghiệm.

← Ánh sáng mà con người nhìn thấy được đều có màu thuộc dải màu từ đỏ đến tím của cầu vồng. Áng sáng màu đỏ có tần số thấp nhất trong các ánh sáng màu này, và ánh sáng màu tím có tần số cao nhất. Ở đây, tác giả nói tia cực tím “ở phía trên”, có nghĩa là tần số của tia này còn cao hơn tần số của ánh sáng màu tím. Ngược lại, tia hồng ngoại ở “phía dưới”, có nghĩa là tần số của tia này thấp hơn tần số của ánh sáng màu đỏ.

Chương 23

Khai quật khủng long

Khi tôi còn nhỏ, tôi thường gặp khó khăn khi phân biệt khủng long và rồng. Trong những bức tranh, trông chúng thường giống nhau, với răng to, bộ hàm cực khỏe, da có vảy và đôi mắt ác, và đôi khi chúng được vẽ trong tình huống tấn công một sinh vật khác gần chúng. Cả hai loại sinh vật này rõ ràng đều là loài mà tốt hơn hết chúng ta nên tránh xa.

Tuy nhiên, có một điểm khác biệt quan trọng giữa khủng long và rồng. Rồng xuất hiện trong các thần thoại của người Hy Lạp, truyền thuyết về Vua Arthur của nước Anh, những cuộc diễu hành mừng năm mới của dân Trung Quốc, và trong rất nhiều câu chuyện ly kỳ khác trong suốt lịch sử loài người. Nhưng ngay cả khi chúng quyền năng đến mức vẫn xuất hiện trong các câu chuyện được sáng tác ngày nay, chúng vẫn luôn là sản phẩm của trí tưởng tượng của con người. Rồng chưa bao giờ tồn tại.

Tuy nhiên, khủng long đã từng tồn tại. Chúng từng ở trên Trái Đất trong một khoảng thời gian rất dài, ngay cả khi con người chưa bao giờ nhìn thấy chúng. Thời hưng thịnh của khủng long là vào khoảng 200 triệu năm trước, và chúng ta biết về chúng vì xương của chúng vẫn được bảo tồn ở dạng hóa thạch. Việc tìm ra những xương khủng long vào đầu thế kỷ 19 là một bước tiến quan

trọng của khoa học. Những nhà địa chất học đầu tiên, và sau đó những người dân bình thường, bắt đầu nhận ra rằng Trái Đất có từ xa xưa hơn rất nhiều so với những gì họ từng nghĩ.

Từ "cổ sinh học" ra đời ở Pháp, năm 1822, để cho giới khoa học một cái tên chỉ bộ môn nghiên cứu hóa thạch. Hóa thạch là những nét sơ phác về các phần của động vật và thực vật đã từng sống, nhưng đã dần hóa thành đá (hóa cứng) sau khi chúng chết, ở những điều kiện thích hợp. Các hóa thạch có thể được người ta trầm trồ chiêm ngưỡng trong các bảo tàng, và thu thập chúng cũng đem lại niềm vui. Ngày nay, việc thu thập hóa thạch khó hơn, vì nhiều hóa thạch dễ lấy đã được thu thập để phục vụ nghiên cứu và trưng bày rồi. Nhưng ở một số nơi, như Lyme Regis ở bờ biển phía Nam nước Anh, các vách đá vẫn đang bị sóng biển bào mòn, và tại đây những hóa thạch thường lộ ra.

Con người vẫn tình cờ gặp hóa thạch trong suốt hàng nghìn năm. Ban đầu, từ "hóa thạch" chỉ có nghĩa là "bất cứ thứ gì được đào lên", nên "hóa thạch" có thể là những đồng tiền cổ, các mảnh sành sứ, hoặc một viên đá thạch anh đẹp đẽ. Nhưng nhiều vật trong số những thứ được chôn sâu dưới đất này trông giống như vỏ (hoặc mai), răng hoặc xương của động vật, và dần dần từ "hóa thạch" có nghĩa hẹp lại thành những thứ trông giống bộ phận nào đó của sinh vật. Vỏ của các động vật biển đôi khi được tìm thấy ở những đỉnh núi, rất xa biển. Những khúc xương, răng, và vỏ hóa thạch thường không có vẻ giống những bộ phận của bất cứ loài động vật nào con người từng biết đến. Vào những năm 1600, khi các nhà tự nhiên học bắt đầu đặt câu hỏi về những thứ người ta tìm thấy, họ đã phát triển ra ba hướng giải thích. Đầu tiên, một số người cho rằng những khối này đã được tạo ra bởi một thế lực đặc biệt trong tự nhiên, vốn rất nỗ lực nhưng không thể tạo ra những sinh vật mới. Chúng gần giống những thực vật và động vật đang sống, nhưng không thực sự trở thành thế. Thứ hai, những người khác lý luận rằng hóa thạch là những phần cơ thể thật còn sót lại

của những loài động vật hoặc thực vật chưa từng được khám phá. Quá nhiều phần của Trái Đất vẫn chưa được khám phá vào thời gian đó, và những sinh vật này cuối cùng cũng sẽ được tìm ra một phần hẻo lánh của thế giới, hoặc trong đại dương. Một nhóm học giả thứ ba dũng cảm đưa ra giả thuyết rằng những sinh thể này là những sinh vật đã từng sống nhưng đã hoàn toàn biến mất tại thời điểm phát hiện ra hóa thạch. Nếu điều này đúng, Trái Đất phải cổ xưa hơn rất nhiều so với những gì người ta tưởng.

Mãi đến tận thế kỷ 18, từ "hóa thạch" mới được mang nghĩa hiện đại của nó, tức là một bộ phận còn sót lại và hóa cứng của một loài cây hoặc con vật đã từng sống. Sự thấu hiểu ý nghĩa thật sự của hóa thạch bắt đầu thống trị tư duy trong giới khoa học. Nhà khoa học đã thuyết phục được cả thế giới rằng một số động vật đã tuyệt chủng là một người Pháp, Georges Cuvier (1769–1832). Cuvier rất giỏi môn giải phẫu học, đặc biệt là so sánh giải phẫu của các loài động vật khác nhau. Ông có mối quan tâm đặc biệt đối với cá, nhưng cũng có kiến thức rộng về toàn bộ giới động vật. Ông đã mổ hàng trăm động vật khác nhau, sau đó ông so sánh các bộ phận khác nhau của cơ thể chúng và tìm hiểu xem các cơ quan bên trong của chúng làm nhiệm vụ gì. Ông lý luận rằng động vật là những cỗ máy sống mà trong đó, mỗi bộ phận đều có một mục đích hợp lý. Ông cũng nhận thấy rằng tất cả các bộ phận trong cơ thể động vật đều làm việc cùng nhau. Ví dụ, những con vật ăn thịt có răng nanh (răng sắc), cho phép chúng có thể xé thịt sống của con mồi. Chúng có hệ tiêu hóa, cơ bắp, và tất cả những đặc tính khác cần thiết để săn bắt và sống nhờ thịt. Những loài sống nhờ thực vật, như bò và cừu, có răng phẳng, giúp chúng nghiền cỏ tươi và cỏ khô. Cấu trúc xương và cơ bắp của chúng phù hợp với việc đứng thảnh thơi, hơn là chạy và vồ mồi.

Niềm tin của Cuvier, rằng cơ thể động vật được cấu tạo tuyệt vời đến mức tất cả các bộ phận gắn kết với nhau một cách hài hoà, cho phép ông phát biểu được rất nhiều điều về cấu trúc cơ

thể và chế độ sinh hoạt của một con vật chỉ bằng cách nhìn vào một bộ phận của nó. Tìm thấy một cái răng nanh và bạn tìm thấy một con vật ăn thịt, ông nói, và ông sẽ ứng dụng chính những nguyên lý này cho hóa thạch. Cùng với một nhà giải phẫu học khác, ông thực hiện một nghiên cứu bao quát và tỉ mỉ về những hóa thạch tìm được quanh Paris. Họ khám phá ra rằng các mẫu hóa thạch thường giống những bộ phận của các loài động vật đang sống và vẫn còn hiện diện trong vùng đó, nhưng trong nhiều trường hợp các mẫu răng và xương có những điểm khác biệt nhỏ, nhưng rất đáng chú ý. Tình cờ, một phần cơ thể bị đóng băng của một con voi lớn được tìm thấy ở Siberia. Cuvier xem xét con "mammoth rậm lông", cái tên người ta dùng để gọi nó, và lập luận rằng nó không những không giống với bất cứ con voi nào đang sống mà được con người biết đến, mà một động vật với kích thước lớn như vậy chắc chắn phải được người ta để ý từ trước đây, nếu nó còn sống ở đâu đó. Cho nên nó hẳn phải tuyệt chủng rồi.

Khi họ chấp nhận ý nghĩ rằng một vài loài động vật (và thực vật) đã tuyệt chủng, những nhà tự nhiên học dễ dàng giải mã ý nghĩa của những lượng lớn hóa thạch đang được khai quật vào thời kỳ đó. Những khám phá của hai nhân vật dường như không liên quan lắm ở nước Anh đã góp phần tạo ra ý niệm về một thế giới tiền sử. Người đầu tiên là Mary Anning (1799–1847). Bà là con gái của một thợ mộc nghèo ở Lyme Regis, địa danh ở miền Nam nước Anh cho đến giờ vẫn bị nước biển bào mòn. Đây là một nơi tuyệt vời cho Mary săn hóa thạch. Khi còn là một cô bé, bà đã đi săn hóa thạch, vì những mẫu hóa thạch tốt có thể được bán cho các nhà khoa học và các nhà sưu tập. Mary và anh trai của bà, Joseph, đã sử dụng những hiểu biết về địa phương của mình để gây dựng một mô hình kinh doanh từ việc thu thập và bán hóa thạch. Năm 1811, họ tìm thấy xương sọ, và sau đó nhiều khúc xương khác của một sinh vật kỳ lạ. Được ước lượng dài tới 5 mét, nó không giống bất cứ một thứ gì đã được tìm thấy trước đó. Nó

được trưng bày ở Oxford và không lâu sau được đặt tên là *Ichthyosaurus,* nghĩa đen là "thằn lằn cá", vì nó có vây và do đó bơi được trong nước. Mary tiếp tục tìm thấy một số hóa thạch đáng chú ý khác, bao gồm một mẫu có hình dạng giống một con rùa khổng lồ, nhưng không có bằng chứng nào là nó đã từng có một cái mai. Mẫu hóa thạch này được đặt tên *Plesiosaurus,* nghĩa là "gần như một con bò sát". Những khám phá này đem lại cho bà danh tiếng và một chút tiền bạc. Nhưng khi nghề săn hóa thạch trở nên phổ biến, bà thấy sự cạnh tranh quá khắc nghiệt và đã gặp nhiều khó khăn trong việc nuôi sống bản thân và gia đình bằng việc kinh doanh của bà.

Mary Anning không được học hành mấy và bà mất quyền kiểm soát những mẫu hóa thạch bà tìm thấy một khi bà đã bán chúng. Gideon Mantell (1790–1852) lại gặp những vấn đề khác. Ông là một bác sĩ gia đình ở Lewes, Sussex, cũng ở miền Nam nước Anh, và có thể tiếp cận rất nhiều mẫu hóa thạch ở mỏ đá vôi gần đó. Là một bác sĩ, ông có kiến thức tốt về giải phẫu học và có khả năng giải mã các hóa thạch. Nhưng ông cần điều chỉnh lịch nghiên cứu hóa thạch của mình cho phù hợp với việc hành nghề y bận rộn và việc dành thời gian cho một gia đình ngày càng đông người. Ông biến nhà mình thành một dạng bảo tàng hóa thạch, điều này khiến vợ ông không vừa lòng. Đến London để thuyết trình về những khám phá của mình với những nhà khoa học ở đó là một công việc chậm chạp và tốn kém.

Bất chấp những vấn đề này, Mantell vẫn kiên trì, và phần thưởng ông nhận được là việc khai quật ra một vài con thú kì lạ. Vào những năm 20 của thế kỷ 19, ông tìm thấy vài chiếc răng của một loài chưa bao giờ được nhìn thấy, và chủ ban đầu của những chiếc răng này được đặt tên là *Iguanodon,* nghĩa là "có răng như một con cự đà" (một loài thằn lằn nhiệt đới). Một số người hâm mộ gửi ông một bộ xương hoàn chỉnh hơn của con Iguanodon mà họ đã tìm được. Mantell cũng tìm ra một loài khủng long có giáp,

Hylaeosaurus, bằng chứng khẳng định rằng những sinh vật khổng lồ này đã từng bước đi trên Trái Đất. Những mẫu được khai quật khác có đặc điểm của loài chim, có nghĩa là thế giới kì lạ này có những sinh vật sống dưới biển, trên đất liền, và trên bầu trời.

Khi thấy những sinh vật khổng lồ, kì diệu này được phục dựng trong bảo tàng, ta khó có thể hiểu được những người đầu tiên khai quật chúng đã phải vất vả như thế nào. Những chiếc xương đã hóa thạch thường nằm rải rác và các bộ xương thường có một vài mảnh thất lạc. Họ chỉ có một số lượng hạn chế những mẫu động vật còn sống hoặc đã hóa thạch để so sánh với những thứ họ tìm được, và họ không có những kỹ thuật hiện đại để xác định niên đại của những vật này. Họ chỉ có thể ước lượng kích thước của con vật ban đầu bằng cách so sánh những chiếc xương họ đã khai quật được, ví dụ như một chiếc xương đùi, với những sinh vật lớn còn tồn tại, như voi hoặc tê giác. Những kích thước họ ước lượng được khiến cho chúng ta phải choáng váng. Họ sử dụng nguyên lý của Cuvier để dựng lại cả bộ xương từ những bộ phận và đoán xem con vật đó đã ăn gì, di chuyển bằng cách nào, và sống trên đất liền, dưới nước, trên bầu trời, hay kết hợp nhiều môi trường sống. Họ phải đính chính nhiều giả thuyết khi người ta khai quật được nhiều mẫu khủng long hơn và hiểu biết nhiều hơn về lịch sử sự sống trên Trái Đất thủa sơ khai. Nhưng những khám phá của họ đã thay đổi vĩnh viễn cách chúng ta suy nghĩ về thế giới mà chúng ta sống.

Những "thợ săn khủng long" khiến công chúng nhận ra Trái Đất đã già cỗi thế nào, và có những sinh vật phức tạp sống trên Trái Đất từ rất lâu trước khi con người xuất hiện như thế nào. Thế giới cổ đại này thu hút trí tưởng tượng của họ, và những bức tranh về những thứ không thật xuất hiện trên nhiều tạp chí được nhiều người ưa chuộng. Những nhà văn như Charles Dickens có thể nhắc đến những con bò sát khổng lồ này, và hiểu rằng độc giả của họ sẽ hiểu họ đang nói về cái gì. Cái tên "khủng long" được sử dụng lần

đầu vào năm 1842: nó có nghĩa thô là "thằn lằn to lớn một cách đáng sợ". Những loài khủng long mới tiếp tục được tìm thấy, không chỉ tại nước Anh mà còn ở những nơi khác. Chúng nhanh chóng được tích hợp thành một phần lịch sử bao quát của sự sống trên Trái Đất, và giai đoạn chúng sống trên Trái Đất cũng được tính xấp xỉ theo tuổi của những viên đá mà trong đó hóa thạch của chúng được tìm thấy.

RichardOwen (1804–1892), người đã đặt cho chúng cái tên "khủng long", sử dụng nghiên cứu của chính ông về những sinh vật này để tiến thân trong sự nghiệp khoa học. Ông là người đóng vai trò chủ chốt trong quá trình hình thành của tòa nhà mà ngày nay là Bảo tàng Lịch sử Tự nhiên ở London. Đó là một bảo tàng tuyệt vời, và những con khủng long vẫn có vị trí nổi bật trong đó. Nhiều mẫu vật đang được trưng bày là những mẫu gốc, được những người như Mary Anning tìm thấy.

Năm 1851, London đăng cai tổ chức triển lãm đầu tiên trong chuỗi Triển lãm Thế giới. Được gọi là Đại Triển lãm, nó tập hợp những trưng bày khoa học, công nghệ, nghệ thuật, giao thông, và văn hóa từ khắp nơi trên thế giới. Triển lãm được tổ chức trong một tòa nhà táo bạo đáng kinh ngạc: tòa "Cung Thủy tinh", một tòa nhà kính khổng lồ, nằm ở trung tâm của công viên Hyde, ngay ở trung tâm của London. Nó cao 33 mét, rộng 124 mét, và dài 563 mét. Người ta nghĩ rằng bạn không thể xây dựng được thứ gì lớn như vậy từ thép và kính, nhưng Joseph Paxton đã làm được. Ông là một thợ làm vườn và có kinh nghiệm dựng nên những nhà kính lớn cho những quý ông thời Victoria. Triển lãm không giống bất cứ thứ gì đã từng diễn ra trước đó, và sáu triệu người từ khắp nơi trên thế giới quy tụ về đó để tham quan triển lãm trong suốt sáu tháng nó diễn ra.

Khi triển lãm kết thúc, Cung Thủy tinh được tháo dỡ và chuyển đến công viên Sydenham ở rìa phía Nam của London. Nằm trong

kế hoạch phát triển của khu vực đó, công viên giải trí đầu tiên của thế giới được xây dựng. Nó được dành để trưng bày khủng long và những sinh vật khác của thế giới tiền sử. Những bản sao khổng lồ của Iguanodon, Ichthyosaurus, Megalosaurus và những con thú khác được dựng, đặt trong và xung quanh một hồ nhân tạo. Iguanodon lớn đến nỗi vào đêm giao thừa năm 1853, 24 người đã ăn tối trong cái khuôn người ta dùng để tạo ra cơ thể khổng lồ của nó. Khu vực đó hiện nay vẫn được gọi là Cung Thủy tinh, mặc dù công trình kính đó đã bị thiêu rụi trong một trận cháy kinh khủng năm 1936. Một số mẫu khủng long được tái dựng hiện nay trong không giống ban đầu lắm, nhưng chúng đã tồn tại được qua trận cháy và vẫn được trưng bày đến hôm nay, méo mó và cũ mòn, nhưng vẫn là những tạo vật tuyệt vời nhắc nhở người ta về quá khứ.

Ngày nay chúng ta đã biết thêm rất nhiều về Kỷ Khủng long. Nhiều loài khủng long đã được tìm thấy và chúng ta có thể xác định niên đại của chúng chính xác hơn nhiều so với Mantell hay Owen. Đôi khi, chúng ta nói rằng chúng biến mất hơi nhanh. (Thời gian địa chất rất chậm, như chúng ta sẽ thấy ở chương tiếp theo.) Ý của chúng ta khi nói vậy là những con khủng long to lớn tuyệt chủng, có khả năng cao do những thay đổi khí hậu, sau khi một thiên thạch lớn và vào Trái Đất khoảng 65 triệu năm trước. Nhưng không phải tất cả khủng long đều biến mất. Một số loài khủng long nhỏ hơn đã sống sót và tiến hóa, và bạn có thể nhìn thấy hậu duệ của chúng trong vườn nhà mình mỗi ngày. Chúng được gọi là chim.

Chương 24

Lịch sử hành tinh chúng ta

Khai quật được xương của những con vật cổ đại chỉ là một phần của câu chuyện. Đi bộ ở vùng nông thôn, bạn hẳn nhận thấy rằng một thung lũng thường có một con sông hoặc dòng suối chảy qua giữa lòng nó. Các ngọn đồi và núi cũng bao quanh các thung lũng. Ở một số nơi trên thế giới, ví dụ như dãy Alps ở Thụy Sỹ, ta có thể ấn tượng sâu sắc với những ngọn núi rất cao và những thung lũng rất sâu.

Những dạng địa hình đó trên Trái Đất đã được tạo thành như thế nào? Núi và thung lũng không thể lúc nào cũng giống như chúng bây giờ, vì địa hình luôn bị thay đổi hằng năm do những trận động đất, phun trào của núi lửa, sông và sông băng. Sự thay đổi trong một năm có thể rất nhỏ, nhưng ngay trong một đời người, những khác biệt có thể nhìn thấy bằng mắt thường vẫn diễn ra. Những đường bờ biển có thể biến mất và những ngôi nhà đôi khi sụt xuống biển. Những hiện tượng đó sau một vài hoặc nhiều thế hệ sẽ thay đổi thậm chí còn lớn hơn.

Những trận động đất, núi lửa, và sóng thần mãnh liệt không phải điều gì mới. Núi Vesuvius, gần Naples ở Ý, phun trào vào năm 79. Nó chôn vùi thị trấn Pompeii dưới chân nó, làm nhiều người thiệt mạng, tro và nham thạch núi lửa thay đổi đường bờ biển một

cách rõ rệt. Ngày nay, bạn có thể đi bộ dọc theo những con phố của Pompeii, đã được khai quật từ trong tro tàn và đá bọt tích tụ lại ở đó.

Nhiều người đặt câu hỏi về ý nghĩa của những hiện tượng gây chấn động này. Một số người cho rằng chúng là những vận động siêu nhiên. Nhưng từ cuối những năm 1600, những nhà quan sát bắt đầu nghiên cứu Trái Đất như một đối tượng của lịch sử tự nhiên. Địa chất học hiện đại ra đời khi họ cố gắng giải quyết ba vấn đề. Vấn đề đầu tiên là tìm ra một phương pháp mới để hiểu "lịch sử".

Vào thời cổ, "lịch sử" thực sự chỉ có nghĩa "mô tả". Lịch sử tự nhiên đơn thuần là sự mô tả Trái Đất và những thứ bên trên nó. Dần dần, "lịch sử" có được nghĩa hiện đại của nó, tức là sự thay đổi theo thời gian. Chúng ta đã quen với những thứ thay đổi nhanh chóng: quần áo, âm nhạc, kiểu tóc, tiếng lóng, và bất cứ thứ gì liên quan đến máy tính và điện thoại di động. Chúng ta xem những bức ảnh của những người sống ở những năm 1950 và nghĩ rằng con người thời đó trông thật khác. Điều này không quá kì lạ – ví dụ, người La Mã ăn mặc khác người Hy Lạp cổ đại – nhưng tốc độ thay đổi ngày nay cao hơn nhiều. Vì thế, chúng ta chấp nhận thay đổi là điều gì đó tự nhiên. Lịch sử là bộ môn nghiên cứu sự thay đổi đó.

Vấn đề thứ hai là vấn đề thời gian. Aristotle giả định rằng Trái Đất tồn tại vĩnh hằng, và từ xưa vẫn luôn giống như Trái Đất vào thời ông sống. Các nhà khoa học người Trung Quốc và Ấn Độ cổ đại cũng tin rằng Trái Đất rất già cỗi. Với sự ra đời của quan điểm Cơ Đốc giáo và Hồi giáo, thời gian co hẹp lại. "Thời gian mà chúng ta có thể hiểu được, chỉ già hơn chính chúng ta có 5 ngày", nhà văn, Sir Thomas Browne, phát biểu như vậy vào năm 1642. Ý ông nhắc đến Sáng thế ký, kể về câu chuyện của Tạo hóa, trong đó Chúa Trời tạo ra Adam và Eve vào ngày thứ Sáu. Trong năm ngày

trước đó, mặt đất, bầu trời, các vì sao, Mặt Trời, Mặt Trăng, và các loài thực vật lẫn động vật khác được tạo ra. Đối với người theo Cơ Đốc giáo như Browne, hành tinh của chúng ta, Trái Đất, được tạo ra chỉ ít lâu trước khi Adam và Eve nhìn thấy bình minh đầu tiên trong Vườn Địa đàng.

Nếu bạn đọc Kinh Thánh kĩ càng, và cộng tuổi của tất cả những hậu duệ của Adam và Eve được nhắc đến trong kinh Cựu ước, bạn sẽ biết thời đại gần đúng mà cặp đôi đầu tiên này ra đời. Vào giữa những năm 1600, một tổng giám mục người Ailen đã làm điều này. Phép cộng của ông cho ông biết Trái Đất được tạo ra vào ngày 22 tháng Mười năm 4004 TCN, chính xác là lúc nhá nhem tối! Phép tính của Tổng giám mục Ussher không được nhiều tín đồ Cơ Đốc giáo chấp nhận vào những năm 1650. Nhưng đối với những người muốn biết những đặc trong địa chất của Trái Đất được hình thành như thế nào, rất khó để giải thích, chẳng hạn, những thung lũng sông dần hình thành ra sao nếu tuổi Trái Đất ít hơn 6000 năm.

Khoảng thời gian hạn hẹp này cũng gây khó khăn cho việc giải thích làm sao những vỏ ốc lại xuất hiện trên những đỉnh núi, cách đại dương và biển hiện nay rất xa. Điều những nhà địa chất học cần hơn hết là tìm ra thêm chứng cứ về thời gian tồn tại dài hơn của Trái Đất. Theo đó, những thứ họ đang quan sát mới có thể được đặt vào những góc nhìn hợp lý. Và họ đã làm được điều này. Bắt đầu vào cuối thế kỷ 17, những nhà tự nhiên học đã bắt đầu lập luận rằng tuổi của Trái Đất phải lớn hơn con số mà Ussher đã tính ra khoảng vài nghìn năm. Vài thập kỷ sau, Bá tước Buffon (nhà sử học tự nhiên tiên phong mà chúng ta đã gặp ở Chương 19) đưa ra một giả thuyết kết hợp cả Vũ Trụ học và địa chất học. Vũ Trụ học của ông cho rằng Trái Đất ban đầu là một quả cầu rất nóng, văng ra từ Mặt Trời. Nó nguội dần, và sự sống có cơ hội nảy sinh. Một cách không chắc chắn, ông cho rằng thời gian mà Trái Đất tách khỏi Mặt Trời vào khoảng 80.000 năm trước, và cẩn trọng phát biểu với ngôn từ chính xác để không xúc phạm Giáo

Hội.

Vấn đề thứ ba là hiểu bản chất của những viên đá và khoáng vật. Đá không giống nhau. Một số viên cứng, một số mềm và dễ vỡ vụn, và chúng được tạo thành từ nhiều loại nguyên vật liệu khác nhau. Chúng dường như cũng có tuổi khác nhau. Việc đặt tên và phân tích các loại đá và khoáng vật cho phép các nhà địa chất học nghiên cứu chúng ghép được một bức tranh toàn cảnh về lịch sử Trái Đất. Abraham Werner (1749–1817) ở Đức đã làm được phần lớn công việc này. Ông làm việc tại một trường đại học, nhưng lại chủ động tham gia vào việc khai mỏ. Những hầm mỏ nằm sâu dưới lòng đất giúp các nhà khoa học bằng cách cho họ những mẫu vật liệu không dễ dàng thu được trên mặt đất. Phương pháp phân loại đá của Werner không đơn thuần dựa vào thành phần của chúng, mà còn cả tuổi tương đối của chúng. Những viên đá già nhất rất cứng và không bao giờ chứa hóa thạch.

Do đó, những loại đá tìm được ở một địa điểm nhất định cung cấp những manh mối về tuổi tương đối của địa điểm đó so với những địa điểm khác. Đào sâu hơn, nơi những lớp đá và đất (hay *địa tầng,* như cách những nhà địa chất học gọi chúng) chứa hóa thạch, các loại đá cũng cung cấp manh mối về tuổi tương đối của cả hóa thạch lẫn địa tầng nơi chúng được tìm thấy. Người đã chứng minh rằng các mẫu hóa thạch có vai trò rất quan trọng trong quá trình xác định niên đại này là một nhà trắc địa, William Smith (1769–1839). Smith chính là người góp công vào việc xây dựng những kênh đào ở Vương quốc Anh vào đầu thế kỷ 19. Trước đường sắt, đường thủy là con đường tốt nhất để vận chuyển hàng hóa, đặc biệt là những hàng nặng như than đá. Smith đo đạc nhiều dặm đường trên đất liền, hỗ trợ quyết định chọn tuyến đường tối ưu cho một kênh đào mới. Khi lập một bản đồ địa chất của Anh và xứ Wales, ông dần nhận ra một điều: tính chất quan trọng nhất của một lớp trong vỏ Trái Đất không đơn thuần là loại đá mà nó chứa, mà còn cả những hóa thạch người ta có thể

tìm thấy trong nó.

Với một khung thời gian đã được mở rộng cho lịch sử Trái Đất, hiểu biết về các loại đá khác nhau, và phát hiện sâu sắc của Smith về tầm quan trọng của hóa thạch, các nhà địa chất học đã có thể cố gắng "đọc" lịch sử Trái Đất. Đầu những năm 1800, đa số các nhà địa chất đều là "những người theo thuyết thảm họa". Lắp ghép các dữ liệu khám phá được thông qua khai mỏ, xây dựng kênh đào, và sau này là xây dựng đường sắt, người ta tìm thấy trong nhiều trường hợp núi lửa và động đất đã đẩy lên những lớp vốn nằm sâu trong vỏ Trái Đất. Vì thế, hầu hết các nhà tự nhiên học đoán rằng lịch sử của Trái Đất gồm những giai đoạn ổn định, xen kẽ bởi các giai đoạn xảy ra những hiện tượng mãnh liệt – các đại thảm họa – trên toàn cầu. Lũ lụt được tính là đại thảm họa, do đó khi các nhà địa chất học cố gắng ghép những khám phá của họ cho khớp với những gì được viết trong Kinh Thánh, họ vui mừng vì dường như có bằng chứng về lũ lụt cường độ mạnh và quy mô lớn trong quá khứ, bao gồm cả một cơn lũ mới xảy ra ("mới" theo quan điểm địa chất học) mà có khả năng là cơn đại hồng thủy khiến Noah đưa các loài động vật, mỗi loài một cặp, lên con tàu lớn của ông.

Những nhà khoa học theo thuyết thảm họa tìm thấy nhiều bằng chứng để củng cố quan điểm của họ về lịch sử Trái Đất. Những hóa thạch ở bất kỳ lớp địa chất nào cũng cho thấy những điểm khác biệt rõ ràng so với những hóa thạch được tìm thấy lớp phía trên hoặc phía dưới. Những địa tầng mới hơn chứa những hóa thạch giống những thực vật và động vật vẫn đang sống ngày nay hơn những hóa thạch nằm trong các lớp đất cũ hơn. Ở Paris, Georges Cuvier (người chúng ta đã gặp ở chương trước) sử dụng "giải phẫu học so sánh" và tái dựng lại những bức tranh sống động về các loài động vật của thời đại đã qua. Một trong những học trò của ông là William Buckland (1784–1856), một tu sĩ người Anh tự do, dạy địa chất học tại Đại học Oxford. Buckland đặc biệt nhiệt

huyết với việc tìm kiếm những bằng chứng địa chất cho cơn đại hồng thủy trong Kinh Thánh. Ông tìm thấy rất nhiều thứ mà ông cho rằng rõ ràng do nước gây ra: những đống đổ nát bị nước đẩy vào các hang, và những viên đá, thậm chí tảng đá lớn rải rác trên những cánh đồng. Vào những năm 1820, ông rất chắc chắn rằng những thứ trên là kết quả của trận Đại Hồng Thủy; đến những năm 1840, khi những điều tra địa chất tiết lộ nhiều chi tiết hơn, ông bớt chắc chắn về giả thuyết của mình. Ông nhận ra rằng, những dòng sông băng có thể đã gây ra một tác động nào đó thậm chí ở đảo Anh. Chúng cho người ta một giải thích thuyết phục hơn cho những thứ như những tảng đá nằm rải rác khắp nơi, có thể vì đã bị bỏ lại khi băng tiếp tục trôi đi chậm chạp.

Vào những năm 1820 và 1830, đa số các nhà địa chất học tin rằng những đại thảm họa thời cổ đại này trùng hợp ngẫu nhiên với những địa tầng mới. Do những hóa thạch trong các địa tầng nhìn chung khác nhau một chút, họ kết luận rằng lịch sử của Trái Đất bao gồm một loạt những biến cố địa chất lớn – lũ lụt lớn, động đất dữ dội – sau đó là sự ra đời của các loài thực vật và động vật mới thích nghi được với điều kiện mới. Trái Đất dường như đã trải qua một lịch sử không ngừng tiến lên để chuẩn bị cho vinh quang tột bậc của nó: sự ra đời của loài người. Giả thuyết này khớp với câu chuyện Tạo hóa trong Sáng thế ký, kể cả là theo giả thiết rằng sáu ngày sáng tạo thế giới thực chất là sau khoảng thời gian dài, hoặc bằng cách nói rằng Kinh Thánh chỉ mô tả sáng tạo cuối cùng, tức kỷ nguyên của con người.

Năm 1830, Charles Lyell (1797–1875), một nhà địa chất học xuất thân là luật sư, đã thách thức giả thuyết tổng quát này. Lyell đã nghiên cứu những viên đá và hóa thạch ở Pháp và Ý. Khi đó ông đang học địa chất học ở Đại học Oxford và thầy của ông là William Buckland, người theo thuyết thảm họa. Lyell không thỏa mãn với quan điểm địa chất của Buckland. Lyell đặt câu hỏi liệu chúng ta có thể chứng minh được gì nếu chúng ta giả thiết rằng những lực

địa chất vận hành trên Trái Đất luôn luôn đồng nhất (giống nhau)? Ông trở thành thủ lĩnh của những người theo "thuyết đồng nhất", đối lập với những người theo thuyết thảm họa. Lyell muốn xem mình có thể giải thích được lịch sử địa chất của Trái Đất đến chừng nào bằng cách sử dụng những nguyên lý của ông về sự đồng nhất. Ông nhận thấy rằng ở thời điểm đó, Trái Đất vẫn đang tích cực hoạt động địa chất, vẫn có núi lửa, lũ lụt, xói mòn và động đất. Nếu mức độ của những thay đổi này giống với mức độ của các thay đổi thời xa xưa, phải chăng như vậy là đủ để giải thích tất cả bằng chứng về những giai đoạn xảy ra các đại thảm họa địa chất cổ xưa? Đúng vậy, ông trả lời, và giải thích tỉ mỉ những lập luận của ông trong một bộ sách gồm 3 cuốn, *Nguyên lý địa chất học (Principle of Geology, 1830–1833)*. Ông chỉnh lý bộ sách này trong 40 năm tiếp theo, cẩn thận xem xét nghiên cứu của ông cũng như những nghiên cứu của các nhà địa chất học khác.

Thuyết đồng nhất của Lyell là một nỗ lực táo bạo để loại bỏ giả thuyết về những thảm họa và sự dựa dẫm vào những phép mầu như trận Đại Hồng Thủy. Ông muốn giải phóng các nhà địa chất học để họ được tự do giải mã lịch sử của Trái Đất mà không chịu sự can thiệp của Giáo Hội. Lyell là một người đàn ông rất sùng đạo, cho rằng nhân loại là giống loài có đạo đức, độc nhất vô nhị, với một vị trí đặc biệt trong Vũ Trụ. Và ông thấy rõ hơn hầu hết những người khác một điều: giả thuyết của những người theo thuyết thảm họa, cho rằng sự ra đời lần lượt của các loài thực vật và động vật tiến ngày càng gần đến những loài sống trong thời đại ngày nay, rất giống sự tiến hóa. Trong khi những người theo thuyết thảm họa so sánh những hóa thạch ở tầng đất sâu với những hóa thạch ở tầng nông hơn và nhìn thấy sự tiến triển, Lyell phản biện rằng, ngược lại, các hóa thạch không thể hiện quá trình phát triển tổng thể nào. Ông rất phấn khích khi một con vật hóa thạch thuộc nhóm động vật có vú được khai quật ở một địa tầng cổ, sâu trong lòng đất. Động vật có vú thường chỉ được tìm thấy ở

những địa tầng mới, cho nên phát hiện này gợi cho ông suy nghĩ rằng không có tiến triển thật sự nào trong lịch sử thực vật và động vật, ngoại trừ con người. Nếu nó giống như tiến triển, thì đó chỉ là một may mắn tình cờ. Chỉ có một số lượng rất nhỏ các loài từng tồn tại trong thời tiền sử được bảo tồn ở dạng hóa thạch.

Charles Lyell đã góp phần tạo ra địa chất học hiện đại. Cách ông suy nghĩ về địa chất và những công trình nghiên cứu ngoài hiện trường của ông đều xuất chúng. Ông chứng minh rằng, nếu Trái Đất của chúng ta có một lịch sử đủ dài, thì nhiều điều có thể được giải thích bằng cách đơn giản quan sát những gì đang diễn ra hiện nay và sử dụng những sự kiện hoặc lực lượng địa chất thời nay để giải thích quá khứ. Một nhà tự nhiên học trẻ tuổi, Charles Darwin, cảm thấy ấn tượng với bộ sách *Nguyên lý địa chất học* của Lyell. Ông đã mang theo cuốn đầu tiên của bộ sách (và nhờ người gửi hai cuốn còn lại cho ông) khi ông bắt đầu chuyến du ngoạn vòng quanh thế giới trên tàu Beagle. Darwin nói rằng ông dùng cách nhìn của Lyell để quan sát thế giới địa chất, thế giới của động đất, đá và hóa thạch, trong suốt chuyến đi. Nhưng ông rút ra một kết luận rất khác về ý nghĩa của những dữ liệu hóa thạch.

Chương 25

Màn trình diễn vĩ đại nhất trên Trái đất

Đi dạo ở miền quê và bạn sẽ thấy mình đứng giữa bao nhiêu cây, hoa, muông thú, chim và côn trùng thuộc về phần thế giới của bạn. Đến vườn thú và bạn sẽ thấy những loài thực vật và động vật kì lạ đến từ nơi rất xa. Đến một bảo tàng lịch sử tự nhiên và bạn sẽ thấy những hóa thạch, có thể là những bộ xương khủng long khổng lồ, hàng triệu năm tuổi. Người đã dạy chúng ta rằng tất cả những chủng loài đã hóa thạch lẫn còn đang sống này thực ra có mối liên hệ với nhau, là một người đàn ông điềm tĩnh, khiêm nhường có tên Charles Darwin (1809–1882). Ông đã thay đổi cách chúng ta nghĩ về chính mình.

Carl Linnaeus (Chương 19) đặt tên cho thực vật và động vật với ý tưởng rằng các loài sinh học là cố định. Chúng ta vẫn đặt tên chúng theo nguyên tắc của ông. Chúng ta có thể làm điều này bởi, mặc dù chúng ta ngày nay đã biết rằng thực vật và động vật thật sự có thay đổi, nhưng thay đổi này rất chậm. Mỗi *loài* sinh học có một ý nghĩa thực. Nhưng trong các loài có *biến dị.* Trẻ em có thể khác cha mẹ chúng: có thể cao hơn hoặc có màu tóc khác, hoặc có mũi to hơn. Những con ruồi giấm mới sinh bu đầy trên những trái

cây đang thối rữa vào mùa hè cũng khác với cha mẹ chúng, nhưng do kích thước của chúng, sự khác biệt rất khó nhìn thấy. Những khác biệt giữa những con cún hoặc mèo con trong cùng một lứa thường dễ phát hiện hơm. Điều Darwin nhận ra là những *biến dị* giữa thế hệ cha mẹ và con của chúng là rất quan trọng, bất kể chúng ta có thể nhìn thấy hay không. Ngay cả khi chúng ta không phải lúc nào cũng đánh giá cao những biến dị này, tự nhiên vẫn có thể trân trọng chúng, và thực tế là đúng như vậy. Con đường của Darwin đến với sự thấu tỏ quan trọng này đầy những phiêu lưu và suy nghĩ thầm lặng.

Cha và ông của Darwin là những bác sĩ thành công. Ông của Darwin, Erasmus Darwin, có một học thuyết về cách tiến hóa của thực vật và động vật, và viết những bài thơ về khoa học. Charles Darwin có một tuổi thơ hạnh phúc, mặc dù mẹ ông mất khi ông mới lên tám. Ông khám phá ra tình yêu đối với tự nhiên và ông thử nghiệm với bộ đồ thí nghiệm hóa học của mình. Ông chỉ là một học sinh trung bình ở trường. Cha ông gửi ông đến Đại học Edinburgh để học y, nhưng ông thích môn lịch sử tự nhiên và sinh học hơn nhiều. Sau khi cuộc phẫu thuật đầu tiên mà ông được chứng kiến khiến cho ông phát bệnh, ông biết rằng mình không thể nào trở thành một bác sĩ. Darwin luôn luôn cực kì nhạy cảm đối với sự đau đớn.

Sau thất bại của ông ở Edinburgh, ông đến Đại học Cambridge để học lấy một bằng nghệ thuật cơ bản, với ý nghĩ rằng mình sẽ trở thành một tu sĩ. Ông vượt qua các bài thi. Vừa đủ điểm. Nhưng Cambridge hóa ra lại là nơi cực kỳ quan trọng bởi ông đã kết bạn với những giáo sư thực vật học và địa chất học. Họ truyền cảm hứng cho ông trở thành một nhà tự nhiên học. John Henslow đưa ông đi thu thập cây ở vùng nông thôn Cambridge. Adam Sedgwick đi cùng ông đến Wales để nghiên cứu những viên đá và hóa thạch địa phương. Sau chuyến đi với Sedgwick, Darwin tốt nghiệp và trở nên chán chường, không chắc nên làm gì tiếp. Ông được cứu vớt

bởi một đề nghị bất thường: liệu ông có muốn trở thành "nhà tự nhiên học quý tộc" trong một chuyến đi khảo sát trên con tàu HMS Beagle, được chỉ huy bởi Thuyền trưởng Robert Fitzroy của Hải quân Hoàng gia? Cha ông nói không, nhưng chú ông đã thuyết phục cha ông rằng đây thực chất là một ý tưởng hay. Chuyến đi trên tàu Beagle là yếu tố hình thành phẩm chất con người Charles Darwin.

Trong gần 5 năm, từ tháng Mười hai năm 1831 đến tháng Mười năm 1836, Darwin xa nhà khi con tàu đi vòng quanh thế giới. Ông bị say sóng trong phần lớn thời gian trên biển, nhưng ông cũng dành nhiều thời gian trên đất liền, đặc biệt Nam Mỹ. Ông là một nhà quan sát xuất chúng về mọi loại hiện tượng tự nhiên: cảnh quan, con người và phong tục tập quán của họ, và cây cỏ, động vật và hóa thạch. Ông thu thập hàng nghìn mẫu vật và gửi chúng về nhà, tất cả đều được dán nhãn cẩn thận. Nếu còn sống ở thời đại này, ông hẳn sẽ viết một blog, nhưng ông giữ một cuốn nhật ký tuyệt vời, mà sau này ông xuất bản sau khi trở về nhà. Cuốn *Nhật ký nghiên cứu (Journal of Researches, 1839)* của ông ngay lập tức được nhiều người ưa thích và trở thành một bản tường thuật kinh điển về một trong những hành trình khoa học quan trọng nhất từng diễn ra. Chúng ta biết đến nó với cái tên *Hành trình của Beagle (The Voyage of the Beagle)*.

Học thuyết của Darwin về tiến hóa sẽ được xây dựng trong thời gian sau đó, nhưng ngay từ lúc này ông đã suy tư về cách cây cỏ và động vật thay đổi theo thời gian, *Nhật ký nghiên cứu* của ông cho độc giả biết ba điều đặc biệt quan trọng. Thứ nhất, khi Darwin ở Chile, ông trải nghiệm, từ vị trí an toàn trên tàu Beagle, một trận động đất khiến cho độ cao đường bờ biển bị nâng lên tới 4,5 mét. Darwin mang theo một bản của bộ *Nguyên lý địa chất học* của Lyell, và rất ấn tượng với ý tưởng của Lyell rằng những hiện tượng mãnh liệt như động đất có thể giúp giải thích được quá khứ. Trận động đất ở Chile đã thuyết phục Darwin rằng Lyell đã đúng.

Thứ hai, Darwin bất ngờ trước mối liên hệ giữa những loài đang sống và những mẫu hóa thạch của thực vật và động vật mới được khai quật vào thời gian đó. Ở bờ phía Đông của Nam Mỹ, ông tìm thấy những con tatu lớn còn sống, và những hóa thạch giống chúng: *giống,* nhưng rõ ràng không cùng một loài. Ông tìm ra nhiều mẫu vật khác, và bổ sung những mẫu vật của chính ông vào bộ sưu tập được các nhà tự nhiên học khác tìm thấy.

Thứ ba, và cũng nổi tiếng nhất, là những khám phá của ông trên quần đảo Galapagos. Quần đảo này cách bờ Tây của Nam Mỹ hàng trăm dặm. Ở đây, có nhiều loài thực vật và động vật đáng kinh ngạc, bao gồm những con rùa cạn khổng lồ và những con chim xinh đẹp, mà nhiều con trong số chúng xuất hiện trên chỉ một hòn đảo. Darwin đã thăm một vài hòn đảo và cẩn thận thu thập các mẫu vật. Ông gặp một ông cụ có thể nói được một con rùa đến từ đảo nào, vẻ ngoài của những con rùa đến từ những đảo này rất đặc trưng. Nhưng chỉ sau khi trở về nước Anh, ông mới bắt đầu nhận ra tầm quan trọng của những gì ông tìm thấy. Một chuyên gia về chim quan sát những con chim thuộc họ chim sẻ được thu thập từ những hòn đảo khác nhau, và phát hiện ra rằng chúng thực ra không cùng loài. Mỗi đảo ở quần đảo Galapagos dường như là một phòng thí nghiệm cỡ nhỏ về sự biến đổi.

Rời Nam Mỹ, tàu Beagle dong buồm qua Thái Bình Dương đến châu Úc, sau đó tới cực Nam của châu Phi. Con tàu trở về nước Anh sau một chuyến đi ngắn tới Nam Mỹ một lần nữa. Khi con tàu trở về Anh năm 1836, Darwin đã trở thành nhà tự nhiên học hàng đầu, rất khác với chàng trai rụt rè khi chuyến đi bắt đầu. Ông cũng có được danh tiếng trong lĩnh vực khoa học ở quê nhà nhờ những báo cáo, thư và mẫu vật ông gửi về.

Ông dành vài năm tiếp theo nghiên cứu nhiều thứ ông đã thu thập được trong chuyến đi, và viết ba cuốn sách. Ông cũng cưới người em họ Emma Wedgwood, và chuyển tới sống ở một ngôi nhà

lớn ở vùng nông thôn Kent. Down House là nơi ông sống trong suốt phần còn lại của cuộc đời, cũng là nơi ông sẽ thực hiện những nghiên cứu quan trọng nhất đời mình. Vừa khéo là ông cũng thích được ở nhà, vì ông mắc một căn bệnh bí ẩn và ông thường không được khoẻ. Bất kể căn bệnh đó là gì, và chúng ta đến nay vẫn không biết vấn đề sức khỏe của ông là gì, ông và bà Emma đã có 9 người con. Ông cũng xuất bản một lượng đều đặn sách và các bài báo khoa học. Một trong những sản phẩm này là cuốn sách quan trọng nhất lịch sử ngành sinh học: *Nguồn gốc muôn loài (On the Origin of Species),* xuất bản năm 1859.

Nhiều năm trời trước khi cuốn sách được xuất bản, Darwin bắt đầu ghi chép trong những cuốn sổ tay cá nhân về "tiến hóa biến đổi". Ông bắt đầu ghi chép vào năm 1837, không lâu sau khi ông trở về từ chuyến đi trên tàu Beagle. Năm 1838, Darwin đọc *Bài luận về quy luật dân số (An Essay on the Principle of Population)* của Thomas Malthus. Malthus là một tu sĩ hầu như chỉ quan tâm đến vấn đề tại sao quá nhiều người nghèo túng. Ông đề xuất giả thuyết rằng người nghèo kết hôn quá sớm và có nhiều con hơn số mà họ có thể chăm sóc chu đáo. Malthus cho rằng tất cả các chủng loài động vật đều sinh sản nhiều hơn hẳn số lượng có thể sống sót. Mèo có thể đẻ ba lứa mỗi năm, mỗi lứa có sáu mèo con hoặc nhiều hơn. Mỗi năm một cây sồi sinh ra hàng nghìn quả sồi, và mỗi quả sồi có thể trở thành một cây sồi khác. Ruồi sinh ra hàng triệu ruồi con mỗi năm. Nếu tất cả các cá thể đời sau của những thực vật và động vật này đều sống sót, và nếu điều này cũng xảy ra ở thế hệ tiếp theo nữa, thì thế giới sẽ sớm bị quá tải mèo, cây sồi, hoặc ruồi.

Malthus tin rằng tất cả những cá thể thừa của đời sau đều cần thiết bởi có quá nhiều sự hao phí. Tự nhiên khắc nghiệt, và khó sống. Khi Darwin đọc bài luận của Malthus, ông đã tìm ra lý do tại sao một số con non sống sót, và tại sao một số lại không làm được điều đó. Nó cũng giải thích tại sao thực vật và động vật thay đổi

rất chậm trong những khoảng thời gian rất dài. Những con sống sót phải có điểm nào đó vượt trội hơn những anh chị em của chúng, và đó sẽ là "sự sống sót của kẻ phù hợp nhất", hoặc *chọn lọc tự nhiên,* như Darwin đã gọi. Darwin lý luận rằng tất cả những cá thể thế hệ sau đều thừa hưởng một vài đặc điểm của cha mẹ chúng, ví dụ như khả năng chạy nhanh. Những cá thể thế hệ sau với những đặc điểm hữu ích nhất có khả năng sống sót cao hơn: chúng có thể chạy nhanh hơn một chút, hoặc có những gai nhọn hơn một chút. Vì thế những đặc điểm này sẽ được "chọn lọc", vì những cá thể kém thành công hơn, những con không có những đặc điểm này, sẽ không thể sống sót đủ lâu để sinh ra được thế hệ sau của riêng chúng.

Darwin nhận ra rằng thay đổi trong tự nhiên xảy ra rất chậm. Nhưng ông lập luận rằng thay đổi có thể đến nhanh hơn nhiều khi con người làm chủ quy trình này, chọn lọc những đặc điểm họ muốn ở thực vật và động vật. Ông gọi đây là *chọn lọc nhân tạo,* và con người vẫn làm việc này trong hàng nghìn năm. Darwin lai giống chim bồ câu, và trao đổi nhiều bức thư với những người bạn cùng yêu thích chim bồ câu. Ông biết hình dạng và hành vi của những con bồ câu cảnh của họ có thể thay đổi nhanh thế nào, khi những người lai giống cẩn thận lựa chọn những con chim bồ câu có những đặc điểm nhất định để lai giống. Nông dân đã làm như vậy với những con bò, cừu, và lợn. Tương tự với người lai giống cây khi họ cố gắng cải thiện năng suất cây vụ mùa, hoặc tạo ra những bông hoa đẹp hơn. Bạn biết chó chăn cừu khác một con chó bull như thế nào. Rất dễ tạo ra những biến thể trong giới động vật nếu người lai tạo chọn lựa những đặc điểm họ muốn.

Darwin thấy rằng tự nhiên vận động chậm hơn rất nhiều, nhưng với đủ thời gian và điều kiện môi trường phù hợp, những biến đổi y hệt như vậy sẽ diễn ra. Điều ông học được từ những con chim và rùa ở quần đảo Galapagos đã minh họa cho cách chọn lọc tự nhiên vận hành. Những điều kiện địa phương như đất, động

vật săn mồi, và nguồn thức ăn ở mỗi đảo lại khác một chút. Vì thế, thực vật và động vật địa phương đã thích nghi với những điều kiện địa phương khác nhau. Mỏ của nhiều loài chim đã được "chọn lọc" cho những thứ khác nhau mà chúng có thể tìm để ăn: hạt, quả, hoặc những con ve kí sinh trên rùa cạn. Trong một số trường hợp, theo như Darwin nhận ra, những điểm khác biệt trở nên rõ rệt đến mức tạo ra những loài khác nhau, mặc dù tất cả những con chim vẫn có họ hàng gần với nhau. Thời gian và sự cách ly đã cho phép những thay đổi đáng kể xuất hiện, và những chủng loài mới đã tiến hóa.

Một cách thầm lặng, Darwin đọc rộng và thu thập nhiều ghi chép quan sát khác nữa. Ông viết một phác thảo sơ bộ cho học thuyết của mình vào năm 1838 và một phiên bản dài hơn vào năm 1842. Nhưng ông đã không công bố những suy nghĩ của mình. Tại sao? Ông muốn chắc chắn rằng mình đúng. Ông biết mình đang có một quan điểm có tính cách mạng về thế giới sinh vật và những nhà khoa học khác sẽ phản biện, chỉ trích ông nặng nề nếu báo cáo của ông không đủ sức thuyết phục. Năm 1844, Robert Chambers, một người làm nghề xuất bản ở Edinburgh đồng thời là nhà tự nhiên học nghiệp dư, đã xuất bản giấu tên phiên bản của riêng ông về sự biến đổi của các loài. *Dấu tích của lịch sử tự nhiên của tạo hóa (Vestiges of the Natural History of Creation)* của Chambers đã gây chấn động trong dư luận. "Tiến hóa biến đổi" trở thành chủ đề nóng hổi. Chambers đã tập hợp nhiều bằng chứng cho thấy rằng những loài đang sống là hậu duệ của những loài trước đây. Những ý tưởng của ông thực ra mơ hồ, và ông không có một giả thuyết thực sự nào về cách thức điều này xảy ra. Ông đã mắc nhiều lỗi. Sách của ông bán chạy, nhưng bị chỉ trích không thương tiếc bởi những nhà khoa học hàng đầu, chính những người mà Darwin hy vọng sẽ thuyết phục được. Vì thế Darwin đã chờ đợi. Ông hoàn thành một vài xuất bản phẩm quan trọng từ nghiên cứu trong chuyến đi với tàu Beagle, và nghiên cứu một đề tài bất thường

nhưng an toàn: loài hà biển. Mổ và nghiên cứu những sinh vật biển nhỏ bé này là việc khó, nhưng Darwin luôn nhấn mạnh rằng nó cho ông những hiểu biết sâu và đáng giá về một nhóm động vật có số lượng lớn về cả loài đang sống lẫn hóa thạch, mỗi loài trong đó thích nghi theo cách riêng với lối sống của chúng.

Sau loài hà biển, Darwin cuối cùng cũng quay lại với công trình vĩ đại của mình. Năm 1858, khi ông đang viết một cuốn sách dài mà ông gọi là "Chọn lọc Tự nhiên", nhân viên bưu điện đưa đến cho ông một tin thảm họa. Một bức thư đến từ châu Á xa xôi xin ý kiến của Darwin về một bài báo khoa học ngắn. Nó là một báo cáo ngắn gọn về cách chọn lọc tự nhiên có thể dẫn đến những thay đổi về loài theo thời gian. Darwin rên rỉ. Tác giả của bài báo đó, Alfred Russel Wallace (1823–1913), có thể cũng đang tóm tắt con đường nghiên cứu chậm rãi và đầy gian khổ của Darwin và đi đến cùng một kết luận.

Charles Lyell và Joseph Hooker, những người bạn của Darwin biết về quan điểm của ông về chủng loại, đã hỗ trợ ông. Họ tổ chức một buổi thuyết trình chung cho ý tưởng của Wallace và Darwin ở Hội Linnean ở London. Không ai dành nhiều sự chú ý cho những nội dung được đề cập ở buổi gặp mặt đó. Darwin nằm ốm tại nhà và Wallace thậm chí còn không biết về buổi thuyết trình – ông ta đang ở cách đó gần 13.000 kilomet. Những bức thư của Wallace đã thuyết phục Darwin rằng ông cần nhanh chóng viết một bản tóm tắt các ý tưởng của ông, thay vì cuốn sách dài mà ông đang viết. Vì thế, *Nguồn gốc muôn loài* được xuất bản ngày 24 tháng Mười một năm 1859. Nhà xuất bản đã in 1250 bản. Chúng được bán hết chỉ trong một ngày.

Trọng tâm của cuốn sách là hai ý tưởng chính của ông. Thứ nhất, chọn lọc tự nhiên *ưu ái sự tồn tại của những đặc điểm có ích,* tức là, những đặc điểm giúp cho các cá thể sống và sinh sản được. (Chọn lọc nhân tạo cho thấy con người có thể thay đổi rõ rệt các

đặc tính của thực vật và động vật đến mức nào nếu họ muốn, điều này minh họa cho khả năng biến đổi của thực vật và động vật.) Thứ hai, chọn lọc tự nhiên, diễn ra trong thiên nhiên hoang dã và sau một thời gian dài, *tạo ra những loài mới.* Chúng *tiến hóa* chậm rãi theo thời gian. Phần còn lại của cuốn sách là một phép chứng minh xuất sắc cho việc những ý tưởng này giải thích được thế giới tự nhiên một cách tuyệt vời ra sao. Darwin viết về mối liên hệ giữa các loài sống và những tổ tiên gần gũi đã hóa thạch của chúng. Ông mô tả sự phân bố địa lý của thực vật và động vật trên toàn thế giới. Ông giải thích sự cách ly về mặt địa lý (như ở quần đảo Galapagos) cung cấp những điều kiện để những chủng loài mới có thể phát triển như thế nào. Và ông nhấn mạnh rằng phôi của một số loài động vật có nhiều nét tương đồng đáng kinh ngạc với phôi của loài khác. Đóng góp mà *Nguồn gốc* của Darwin dành cho sinh học sánh ngang với đóng góp mà *Principia* của Newton dành cho vật lý học. Nó giải thích hợp lý vô cùng nhiều điều trong thế giới tự nhiên.

Vấn đề lớn nhất của Darwin là sự kế thừa: tại sao các cá thể thế hệ sau lai giống bố mẹ của chúng, đồng thời hơi khác bố mẹ cũng như hơi khác chính anh chị em chúng. Ông đọc cẩn thận và suy nghĩ về điều này. Ông đề xuất một số cách giải thích, nhưng ông biết rằng con người lúc đó vẫn chưa hiểu mấy về sự di truyền (di truyền học), và ông cũng nói như vậy. Ông cũng biết rằng điều quan trọng không phải là nói được sự di truyền vận hành *như thế nào,* mà rằng nó thật sự *đang diễn ra.*

Nguồn gốc muôn loài đã gây xáo trộn dư luận. Người ta viết và nói về nó. Một số người nói tốt về nó, những người khác chỉ trích nó. Darwin đơn giản chỉ tiếp tục nghiên cứu nó – ông đã xuất bản tổng cộng 6 ấn bản của cuốn sách trước khi ông qua đời. Ông phát triển ý tưởng của mình, một phần để đáp lại những phản biện, và một phần bởi những ý tưởng của ông không ngừng phát triển và hoàn thiện. Song song với việc cập nhật cuốn *Nguồn gốc,* ông tiếp

tục viết được một số lượng đáng ngạc nhiên những cuốn sách về những điều khiến ông quan tâm: những cây phong lan xinh đẹp, mà hoa của chúng có thể thích nghi với những loài côn trùng giúp chúng thụ phấn; những loài cây bắt và tiêu hóa côn trùng, những loài cây leo có thể bám vào tường, và thậm chí cả những con giun đất khiêm nhường. Không ngạc nhiên khi ông được gọi là "con người có trí tò mò khuếch đại". Dường như không thứ gì thoát khỏi sự chú ý của ông.

Cuốn *Nguồn gốc* không nói gì về sự tiến hóa của loài người, mặc dù Darwin biết rằng những hiểu biết sâu sắc này của ông cũng đúng với lịch sử sinh học của giống loài chúng ta. Bất cứ ai đọc bản đầu tiên của cuốn sách này cũng nhận thức rõ rằng Darwin tin vào sự tiến hóa của loài người, nhưng ông đã chờ đợi hơn một thập kỷ để nói điều đó một cách công khai, trong cuốn *Dòng dõi con người (The Descent of Man, 1871)*.

Darwin biến tiến hóa sinh học thành một giả thuyết khoa học có căn cứ. Một số nhà khoa học không bị thuyết phục, nhưng đa số thì có, mặc dù đôi khi họ đề xuất những phiên bản lý thuyết của chính họ về cách thức và lý do tiến hóa xảy ra. Nhiều chi tiết trong cuốn sách vĩ đại của Darwin đã được đính chính bởi những nghiên cứu khoa học sau này. Nó không hoàn hảo tuyệt đối. Nó không cần thiết phải như vậy – khoa học là thế. Nhưng từ nghiên cứu của ông và khu vườn ở Down House, Darwin đã đảm bảo rằng chúng ta sẽ không bao giờ nhìn sự sống trên Trái Đất theo cách trước kia được nữa. Lịch sử tiến hóa của hành tinh chúng ta đơn giản chính là màn trình diễn vĩ đại nhất trên Trái Đất.

Chương 26

Những hộp sự sống nhỏ bé

Có những thứ chúng ta đơn giản không thể nhìn hoặc nghe thấy. Nhiều ngôi sao nằm ngoài tầm quan sát của chúng ta, và chúng ta không thể nhìn thấy được nguyên tử, hoặc thậm chí các sinh vật nhỏ xíu có đầy trong những vũng nước mưa. Chúng ta không thể nghe thấy âm thanh mà nhiều con chim hoặc chuột có thể. Nhưng chúng ta vẫn có thể biết về chúng, đặt những câu hỏi và sử dụng những dụng cụ giúp chúng ta nhìn hoặc nghe tốt hơn nhiều so với việc chỉ dùng tai và mắt thường. Cũng như kính viễn vọng cho phép chúng ta nhìn xa hơn vào không gian Vũ Trụ, kính hiển vi giúp chúng ta nhìn sâu hơn vào những khối công trình nhỏ xíu tạo nên các sinh vật sống.

Vào thế kỷ 17, nhà tiên phong trong lĩnh vực vi sinh học, Antonie van Leeuwenhoek, đã sử dụng những kính hiển vi nhỏ của ông để quan sát tế bào máu và những sợi lông trên chân của một con ruồi. Một thế kỷ sau, những chiếc kính hiển vi tiên tiến hơn cho phép những nhà tự nhiên học xem xét kỹ lưỡng các chi tiết giải phẫu tinh vi như trên, và một nhóm phong phú những sự sống nhỏ bé. Một chiếc kính hiển vi “phức hợp” có thể làm cho mọi thứ hiện ra to hơn so với một chiếc kính hiển vi thông thường. Nó bao gồm một ống với hai thấu kính, trong đó thấu kính thứ hai phóng

to ảnh thu được từ thấu kính thứ nhất lên, như vậy bạn có hình phóng đại kết hợp của cả hai thấu kính. Nhiều người suy nghĩ cẩn thận không hoàn toàn tin vào kính hiển vi. Những kính hiển vi phức hợp đầu tiên tạo ra những hình ảnh bị bóp méo hoặc nhiều loại ảo ảnh, ví dụ, những màu sắc kì lạ hoặc những đường không tồn tại. Ở thời đó, người ta chỉ có những phương pháp thô sơ để cắt các vật thành những lát mỏng để nghiên cứu và cố định những lát mỏng này trên một lam kính (một tấm thủy tinh mỏng). Vì thế, nhiều nhà khoa học nghĩ rằng sử dụng kính hiển vi là không bõ công sức bỏ ra.

Nhưng các bác sĩ và nhà sinh học muốn hiểu các cơ thể vận hành như thế nào, một cách chi tiết nhất có thể. Ở Pháp, Xavier Bichat (1771–1802) đã bắt đầu nghiên cứu những chất khác nhau cấu thành cơ thể người – cái mà chúng ta gọi là "mô", bất kể cứng như xương, mềm như mỡ, hay lỏng như máu. Bichat nhận ra rằng, bất kể ở vị trí nào trên cơ thể, cùng một loại mô sẽ hoạt động theo những cách tương tự nhau. Vì vậy, tất cả các cơ sẽ được tạo ra từ cùng một loại mô, bất kể chúng đang bận co lại ở chân, cẳng tay, bàn tay, hay bàn chân. Tất cả các gân (phần liên kết cơ với xương), hoặc lớp màng mỏng được gọi là mô huyết thanh (giống lớp màng bao quanh tim), là tương tự nhau tất cả các bộ phận của cơ thể. Bộ môn nghiên cứu tế bào và mô được gọi là mô học và Bichat là "cha đẻ của mô học". Tuy nhiên, Bichat là một trong những người nghi ngờ kính hiển vi, và ông chỉ sử dụng một kính lúp bình thường.

Nghiên cứu của Bichat đã truyền cảm hứng cho những người khác cố gắng hiểu thực vật và động vật ở khía cạnh những khối cơ bản hơn và nhỏ hơn cấu thành cơ thể chúng. Ở những thập kỷ đầu của thế kỷ 19, một vài giả thuyết cạnh tranh nhau về bản chất của những khối cấu tạo cơ bản này của thực vật và động vật. Vấn đề kỹ thuật của kính hiển vi phức hợp bắt đầu được giải quyết ở Pháp và Anh vào cuối những năm 1820. Từ đó trở đi, những người

nhìn xuống dụng cụ quang học của họ có thể tự tin rằng thứ họ nhìn thấy là hình ảnh chính xác của những gì đang thực sự nằm ở đó.

Vào những năm 1830, kính hiển vi mới giúp hai nhà khoa học người Đức lập luận rằng các khối cấu tạo cơ bản của sự sống là các tế bào, và tất cả thực vật và động vật đều được cấu thành từ chúng. Một trong hai nhà khoa học này là nhà thực vật học Schleiden. Người còn lại là bác sĩ Theodor Schwann (1810 1882). Schwann tìm hiểu cách thức tế bào vận hành và cách thức chúng được tạo ra. Các hoạt động diễn ra trong tế bào cho phép thực vật và động vật có thể chuyển động, tiêu hóa, thở và cảm giác. Các tế bào hoạt động cùng nhau, và chúng là chìa khóa để hiểu cách thức cơ thể thực vật và động vật thực hiện các chức năng và sống.

Khi bạn tự làm mình bị thương, ví dụ như bạn cắt vào ngón tay, các mô ở da sẽ sinh sôi nhiều hơn để làm liền vết thương. Nhưng nếu các mô được tạo thành từ tế bào, thì tế bào được tạo ra như thế nào? Schwann rất quan tâm đến hóa học, và ông đề xuất giả thuyết rằng các tế bào mới kết tinh từ một loại dịch đặc biệt, giống như các tinh thể có thể được tạo ra trong phòng thí nghiệm từ các dung dịch nhất định. Ông muốn giải thích cách các phôi thai phát triển trong trứng, hoặc trong tử cung. Ông cũng đặt câu hỏi những tế bào đến từ đâu, tức những tế bào xuất hiện nếu bạn có một vết trầy xước hoặc một vết bầm. Là một bác sĩ, ông nhận ra rằng khu vực xung quanh vết thương chuyển sang màu đỏ và nó có thể chứa đầy những tế bào mủ. Ông nghĩ rằng những tế bào mủ này được kết tinh từ chất dịch trong suốt mà chúng ta nhìn thấy ở dạng vết sưng. Nó là một giả thuyết hấp dẫn, kết hợp cả hóa học và sinh học, nhưng nó sớm được chứng minh là quá đơn giản.

Khi kính hiển vi được cải tiến, ngày càng nhiều nhà khoa học bắt đầu quan sát những gì xảy ra trong các tế bào. Một trong những nhà quan sát tế bào quan trọng nhất là Rudolf Virchow

(1821–1902). Là một người có mối quan tâm rộng và cơ bản là một nhà bệnh lý học, Virchow cũng tích cực nghiên cứu y tế công cộng, chính trị, nhân chủng học và khảo cổ học. (Ông góp phần khai quật thành Troy, mà Homer viết đến vào năm 800 TCN.) Trong những năm 1850, Virchow bắt đầu nghĩ đến ý nghĩa của thuyết tế bào đối với y học, và đối với bộ môn nghiên cứu các bệnh, gọi là bệnh lý học. Giống Schwann, ông coi tế bào là đơn vị cơ bản của các cơ thể sống. Hiểu được chức năng của chúng đối với sức khỏe và bệnh tật sẽ là chìa khóa dẫn đến một nền y học mới, dựa trên khoa học. Ông trình bày những ý tưởng của mình trong cuốn sách rất quan trọng mang tên *Bệnh lý học tế bào (Cellular Pathology, 1858)*. Ông chứng minh rằng những căn bệnh mà bác sĩ thấy ở bệnh nhân, và sau đó có thể kiểm chứng trong phòng khám nghiệm (khi nghiên cứu những cơ thể bệnh nhân đã chết), luôn luôn là hậu quả của những sự kiện diễn ra trong tế bào. Những bệnh này bao gồm sự phát triển của ung thư (thứ ông đặc biệt quan tâm), viêm tấy kèm mủ và sưng, và bệnh tim. “Học cách nhìn kính hiển vi”, ông luôn dạy sinh viên trong lớp bệnh lý học của mình như vậy: quan sát kĩ đến tận cấp độ tế bào.

Virchow đã tổng hợp được những quan sát xuất sắc qua kính hiển vi của mình bằng một phát biểu sâu sắc về một sự thật trong sinh học: “Tất cả các tế bào sinh ra từ tế bào.” Đây là điểm mà ông vượt qua được Schwann. Ý của ông là những tế bào mủ trong một vết sưng cấp, chẳng hạn như những vết sưng xuất hiện sau khi bị dằm đâm hoặc bị trầy, thực chất sinh ra từ những tế bào khác. Chúng không kết tinh từ chất dịch trong cơ thể. Điều này cũng có nghĩa là sự phát triển của ung thư đến từ các tế bào khác, mà trong trường hợp này là các tế bào đang hoạt động không đúng và tự phân chia trong khi chúng đáng ra không nên làm như vậy. Tất cả những tế bào mà chúng ta có thể quan sát dưới kính hiển vi đều được sản xuất ra bởi một tế bào đã tồn tại (được gọi là tế bào “mẹ”) tự chia làm hai (các tế bào “con”). Thật vậy, khi các nhà

sinh học quan sát ngày càng nhiều hơn, đôi khi họ nhìn thấy hoạt động phân chia tế bào diễn ra. Và họ để ý thấy rằng phần bên trong của tế bào dường như thay đổi khi tế bào phân chia làm hai. Một điều gì đó đặc biệt đang diễn ra.

Những quan sát trước đó đã cho thấy tế bào không phải chỉ là một cái túi chứa đầy cùng một loại vật chất. Vào những năm 1830, nhà thực vật học người Anh Robert Brown (1773–1858) đã lập luận rằng tất cả các tế bào đều có một thứ gì đó chính giữa chúng: một *nhân,* có màu tối hơn những chất bao quanh. Brown đã quan sát rất nhiều tế bào dưới kính hiển vi của mình và chúng dường như đều có nhân này. Nhân nhanh chóng được công nhận như một phần của tất cả các tế bào. Tất cả những vật chất khác được bọc trong màng tế bào được gọi là *chất nguyên sinh.* Từ này có nghĩa đen là "khuôn đầu tiên", vì tại thời điểm đó chất nguyên sinh được coi là chất sống trong tế bào, với chức năng mang sự sống đến cho thực vật và động vật. Rồi, ngoài nhân, các cấu trúc khác trong tế bào dần được phát hiện và đặt tên.

Các nhà khoa học nhanh chóng đón nhận khám phá về nhân và các phần khác của tế bào. Nhưng đối với cuộc tranh luận từ rất lâu về "thuyết tự sinh", tức một nhận định rằng dường như nhiều loại sinh vật nhỏ sinh ra từ thịt bị thối rữa hoặc nước tù đọng lâu ngày, câu chuyện lại diễn ra theo chiều hướng hoàn toàn khác. Người ta biết rằng nếu họ để một miếng thịt không được che đậy trên bàn, sau vài ngày họ có thể thấy miếng thịt có giòi. Họ không biết rằng ruồi đã đẻ trứng và trứng ruồi nở ra giòi, vậy họ giải thích nguồn gốc của giòi như thế nào? Kiểm tra một giọt nước ao dưới kính hiển vi, bạn sẽ thấy nhung nhúc những sinh vật nhỏ xíu. Làm sao chúng vào đó được?

Đối với những nhà khoa học thế kỷ 19, cách giải thích dễ dàng nhất là những sinh vật này đã được tạo ra, hoặc sinh ra, từ các môi trường nuôi dưỡng chúng nhờ một phản ứng hóa học. Đây là

quan điểm phổ biến, và nó dường như có lý. Vì những con giòi không có trên miếng thịt khi người ta đặt nó xuống, có cách nào giải thích sự có mặt của chúng tốt hơn giả thuyết rằng khi miếng thịt thối rữa, nó thực chất đã tạo ra những sinh vật kinh tởm này? Chẳng mấy người nghĩ rằng những sinh vật phức tạp như voi hoặc cây sồi – tự sinh ra, nhưng chẳng có lời giải thích rõ ràng nào cho việc những thể sống đơn giản hơn dường như đột nhiên xuất hiện, ngoại trừ việc chúng bằng cách nào đó được tạo ra từ những thứ xung quanh. Ngay cả quan điểm của Schwann về các tế bào sống kết tinh từ dịch đặc biệt của cơ thể cũng là một kiểu tự sinh, tế bào sống sinh ra từ vật chất không sống.

Các nhà tự nhiên học thế kỷ 17 và 18 nghĩ rằng họ đã chứng minh được rằng sự tự sinh không xảy ra, nhưng vấn đề vẫn còn đó. Nó được hai nhà khoa học người Pháp bàn luận sôi nổi từ cuối những năm 1850. Người chiến thắng cuối cùng thuyết phục được cộng đồng khoa học rằng sự tự sinh không tồn tại. Nhưng câu chuyện không đơn giản: người chiến thắng (cũng là người đúng) đã không thực sự chơi đẹp.

Người đầu tiên trong hai nhà khoa học người Pháp này là một nhà hóa học, Louis Pasteur (1822–1895). Từ những năm 1850, ông đã bắt đầu nghi ngờ rằng những tế bào sống có thể làm được những việc phi thường. Ông vốn quen với việc nghiên cứu đặc tính hóa học của nhiều hợp chất. Ông cũng quen với sự lên men, một quá trình mà trong đó nho được trộn với men để tạo ra rượu vang, và bột mì được trộn với men trước khi nướng để làm cho bánh mì nở. Trước Pasteur, quá trình lên men được cho là một phản ứng hóa học đặc biệt mà trong đó men là chất xúc tác, một thứ đẩy cao tốc độ phản ứng nhưng không bị phản ứng làm thay đổi. Thay vào đó, Pasteur chứng minh rằng, sự lên men thực chất lại là một quá trình sinh học do men gây ra khi nó sống và ăn đường trong nho và bột mì. Các tế bào trong men phân chia để tạo ra nhiều tế bào hơn, và các hoạt động sống của chúng tạo ra chất cồn mà người ta

muốn có trong rượu hoặc khiến cho bánh mì nhẹ và mềm xốp. Tất nhiên, những quá trình này cần được dừng lại đúng lúc bằng cách làm nóng. Nếu người ta cho phép men tiếp tục sống, rượu vang sẽ chuyển thành giấm và bột bánh mì cuối cùng sẽ xẹp lại như cũ. Nếu điều này xảy ra với quá trình lên men, Pasteur phân vân không biết những thể sống siêu nhỏ có thể tham gia vào các quá trình vẫn được cho là do các phản ứng hóa học gây ra, ví dụ như tự sinh, như thế nào. Do đó, ông biến nó thành một cuộc cạnh tranh công khai với một người cùng quốc tịch, Félix Pouchet (1800–1872), một người ủng hộ thuyết tự sinh.

Trong một loạt thí nghiệm, Pasteur đun sôi một hỗn hợp rơm và nước để chúng hoàn toàn vô trùng. Sau đó ông để chúng tiếp xúc với không khí và những hạt bụi lơ lửng trong không khí. Bình thường, nếu bạn kiểm tra chất lỏng sau vài ngày, nó sẽ chứa đầy vi sinh vật. Pasteur chứng minh rằng nếu bạn loại bỏ những hạt bụi khỏi không khí, dung dịch ban đầu sẽ luôn vô trùng. Để chứng minh rằng những vi sinh vật này đến từ bụi chứ không phải từ không khí, ông thiết kế ra một bình thủy tinh thí nghiệm đặc biệt với một cổ cong, giống như cổ thiên nga, cho phép không khí vào bình, nhưng bụi không thể vào. Khi Pouchet làm những thí nghiệm tương tự, những bình của ông chứa vi sinh vật chỉ sau vài ngày. Ông coi những kết quả này là bằng chứng cho thấy hiện tượng tự sinh có thể xảy ra. Pasteur giả thiết rằng khi những thí nghiệm của ông không cho ra kết quả như ông dự đoán, nguyên nhân là ông chưa làm sạch bình thí nghiệm tới mức thỏa đáng, và ông cho rằng Pouchet luôn thiếu cẩn thận. Pasteur thắng cuộc, mặc dù ông đã lặng lẽ phớt lờ những kết quả của một số thí nghiệm khi chúng không cho ra kết quả mà ông muốn và có vẻ như còn ủng hộ Pouchet! Ông chiến thắng một phần bởi ông là một nhà khoa học gan góc, kiên quyết, một người luôn tin rằng mình đúng, nhưng cũng một phần bởi phát biểu quan trọng “tất cả các tế bào sinh ra từ tế bào” của Virshow đang ngày càng được ủng hộ. Mọi người

muốn tin Pasteur bởi những lý thuyết của ông là một bước tiến lớn vượt ra khỏi những tư tưởng cũ kĩ, và điều đó cũng rất quan trọng trong khoa học.

Kính hiển vi mở ra những tiến bộ vĩ đại trong nghiên cứu y học và sinh hoc. Kính hiển vi được cải tiến, cùng với đó là việc cải tiến những dụng cụ dùng để chuẩn bị các mẫu vật được xem xét dưới những thấu kính. Những chất màu – những hóa chất đặc biệt có tác dụng như thuốc nhuộm – đặc biệt quan trọng, bởi chúng có thể nhuộm màu và làm nổi bật những đặc điểm cấu trúc của một tế bào mà bình thường sẽ bị bỏ qua. Đặc biệt, người ta thấy nhân tế bào khi nhuộm màu có một loạt những dải tối màu mà sau đó được đặt tên là "nhiễm sắc thể" – "chromosome". *(Chromo* đến từ tiếng Hy Lạp, có nghĩa là "màu".) Khi một tế bào đang phân chia, người ta có thể thực sự nhìn thấy các nhiễm sắc thể phình lên. Tầm quan trọng của phát hiện này, và của các phần khác trong tế bào mà các nhà khoa học xác định được, đã phải đợi đến tận thế kỷ 20 mới được công nhận. Nhưng những nhà khoa học và bác sĩ thế kỷ 19 đã đặt bước khởi đầu cho toàn bộ guồng nghiên cứu. Trên hết, họ chứng minh rằng nếu bạn muốn hiểu mọi phần của cây cối và động vật vận động thế nào, cả khi khỏe mạnh lẫn khi mắc bệnh, bạn phải bắt đầu từ những tế bào cấu tạo nên chúng. Một loại tế bào, các sinh vật đơn bào gọi là *vi khuẩn,* trở nên đặc biệt quan trọng trong việc hiểu về bệnh tật. Chúng ta sẽ còn nhắc đến Louis Pasteur, vì ông đóng một vai trò trung tâm trong mối liên hệ giữa vi trùng và bệnh tật, và trong việc hiểu được cách vi sinh vật đóng góp vào nhiều khía cạnh trong đời sống hằng ngày của chúng ta.

Chương 27

Ho, hắt xì và bệnh tật

Nếu chúng ta sổ mũi, ho hoặc bụng dạ nôn nao, chúng ta thường nói mình đã *nhiễm[^caught-a-bug]* một loại khuẩn hoặc virus, với hàm ý một loại mầm bệnh nào đó. Khái niệm "nhiễm" thứ gì đó đã quá tự nhiên đối với chúng ta đến mức khó có thể hiểu được tại sao người ta lại trầm trồ khi ai đó đưa ra một giả thuyết rằng bệnh tật sinh ra từ vi trùng. Nhiều thế kỷ trước, các thầy thuốc giải thích rằng người bệnh cảm thấy khó chịu là do những thay đổi nội tại trong thể dịch. Thậm chí ở gần thời hiện đại hơn, các bác sĩ biết rằng họ có thể quy nguồn gốc bệnh tật cho một thể chất không tốt (chúng ta có thể nói "gien xấu"), hoặc quá buông thả trong ăn uống, hoặc những thói quen xấu như thức trắng đêm. Khi đó không một ai nghĩ rằng một sinh vật từ bên ngoài có thể gây ra bệnh. Đó là một ý tưởng mới, và nó dẫn đến một cuộc tái tư duy về bản chất của bệnh tật.

[^caught-a-bug] Nguyên văn: "caught a bug". Tác giả muốn nói đến sự đa nghĩa thú vị của cụm "catch a bug", "Catch a bug" có thể mang nghĩa "nhiễm phải một loại vi khuẩn", cũng có thể mang nghĩa "bắt được một con bọ".

Các thầy thuốc ở những giai đoạn trước chắc chắn đã nói về những "mầm mống" của bệnh tật. Từ "virus" cũng thường xuyên

được sử dụng, nhưng khi đó nó chỉ đơn giản có nghĩa "chất độc". Việc người ta chết vì chất độc, vô tình hoặc cố ý, không phải chuyện gì mới. Điểm mới của thuyết vi trùng nằm chỗ nguồn bệnh bên ngoài là một sinh vật nhỏ bé – vi sinh vật. Nó mang theo một hệ ngôn ngữ của chiến tranh: cơ thể "phòng thủ" chống lại vi trùng, và có thể "chiến đấu" chống lại sự nhiễm trùng. Thuyết vi trùng là một mốc chuyển vĩ đại trong y học.

Chúng ta đã gặp chiến binh quan trọng nhất của học thuyết ấy, Louis Pasteur, ở chương trước. Ông tiếp cận khái niệm vi trùng từng chút một. Ông vẫn bận rộn nghiên cứu vai trò của vi sinh vật trong nhiều hiện tượng hằng ngày: nấu bia, lên men rượu, làm bánh mì. Việc "tiệt trùng" – "pasteurisation" – sữa và các sản phẩm làm từ sữa khác dựa trên những khám phá của ông: hãy nhìn vào bên trong tủ lạnh của bạn và bạn sẽ thấy tên ông. Sữa được tiệt trùng đã được đun nóng lên đến đúng nhiệt độ phù hợp, giết chết "vi trùng" trong đó. Sữa giữ được chất lượng lâu hơn và an toàn hơn để uống.

Việc chứng minh vi khuẩn, men, nấm, và những vi sinh vật khác có thể gây bệnh cho người và động vật vẫn là một bước tiến vĩ đại. Nhìn thấy những vi sinh vật này qua kính hiển vi là một chuyện, chứng minh rằng chính chúng chứ không phải thứ gì khác đã gây ra bệnh tật lại là một chuyện hoàn toàn khác. Những thứ ngày nay chúng ta gọi là bệnh nhiễm trùng vẫn luôn là những kẻ giết người. Đại dịch hạch, hay Cái Chết Đen, gây sốt cao và làm xuất hiện những vết sưng tấy đau đớn trên cơ thể, gọi là sưng hạch. Nó liên tục càn quét qua các thị trấn và thành phố ở Vương quốc Anh trong suốt hơn 300 năm tính từ những năm 1340 trở đi. Nó lây lan qua những con bọ chét vốn kí sinh trên chuột đen nhưng rồi chuyển sang người khi những con chuột cũng chết vì bệnh. Đậu mùa, sốt phát ban, sốt tinh hồng nhiệt, với làn da nổi những vết đỏ rát và sốt cao, cũng gây ra những hậu quả kinh sợ. Những ông bố bà mẹ có thể có tám đứa con hoặc nhiều hơn và rồi

mất gần hết những người con ấy vào tay bệnh tật khi chúng vẫn còn là những đứa trẻ.

Khi các bác sĩ nghiên cứu những căn bệnh này, họ giải thích chúng theo một trong hai cách. Một số người cho rằng những căn bệnh cộng đồng này có tính *truyền nhiễm.* Điều này có nghĩa là chúng lan từ người này sang người khác qua tiếp xúc: khi một người khỏe mạnh chạm vào một người bệnh hoặc quần áo hoặc chăn gối của người bệnh. Đậu mùa, với những nốt bệnh đáng sợ của nó, dường như là bệnh truyền nhiễm, đặc biệt bởi vì một người chưa hề mắc bệnh thường sẽ mắc bệnh nếu họ chăm sóc một người bạn hoặc người thân mắc bệnh.

Sự lây lan của các bệnh khác thường khó giải thích hơn nếu sử dụng lý thuyết lây lan qua tiếp xúc. Các bác sĩ đưa ra giả thuyết rằng các bệnh này do "chướng khí" gây ra. Chướng khí là một thứ mùi hoặc hơi hôi hám hoặc không tốt cho sức khỏe. Người ta giải thích rằng những căn bệnh do chướng khí gây ra xảy ra do những xáo trộn không lành mạnh trong không khí: mùi hôi của rau quả thối rữa và nước thải, mùi khó chịu của các phòng bệnh. Vào những năm 1800, dịch tả là dịch bệnh đáng sợ nhất. Nó phổ biến ở Ấn Độ nhưng vào những năm 1820 nó bắt đầu lây lan ra toàn bộ phần còn lại của thế giới. Dịch tả mất 6 năm để lan từ Ấn Độ sang Vương quốc Anh, nơi nó gây ra hỗn loạn bởi nó là một trải nghiệm mới và rất đáng sợ. Bệnh tả gây ra nôn mửa và tiêu chảy rất nặng, làm cho người bệnh héo hon trong đau đớn quằn quại, chết một cách rất mất phẩm giá. Nó thường giết chết người bệnh trong chỉ một ngày.

Ngày nay, việc di chuyển liên quốc gia khiến cho dịch bệnh lan truyền rất nhanh. Thời đó, dịch bệnh lây lan chậm hơn. Khi các bác sĩ và giới chức trách châu Âu theo dõi dịch tả lây lan chậm chạp trên châu Á và Đông Âu, họ không thể xác định nó lây lan từ người sang người (qua tiếp xúc) hay đây là một dịch bệnh chướng

khí. Nhiều người lo rằng căn bệnh này lây qua một thứ mà tất cả mọi người đều dùng chung: không khí mà họ thở.

Tùy thuộc vào giả thuyết mà họ tin, các nhà chức trách có thể làm những việc khác nhau để ngăn căn bệnh lây lan. Nếu lây truyền qua tiếp xúc là nguyên nhân, cách tốt nhất là cô lập và cách ly người bệnh. Đối với lây truyền qua chướng khí, làm sạch và nâng cao chất lượng không khí là việc quan trọng. Dịch tả đã châm ngòi một cuộc tranh luận gay gắt nhất khi nó tấn công Vương quốc Anh lần đầu năm 1831. Trong cơn hoảng loạn, quan điểm y tế bị chia rẽ, nhưng phương án cách ly dường như không đem lại nhiều tác dụng. Khi căn bệnh quay lại năm 1848 và 1854, một bác sĩ ở London, John Snow (1813–1858), đã xuất sắc khám phá ra bản chất của sự việc đang diễn ra khi đó. Bằng cách nói chuyện với những người dân địa phương, cẩn thận định vị từng ca bệnh trong khu dân cư, ông trở nên chắc chắn rằng dịch tả đang lây lan qua nước từ một máy bơm công cộng ở Soho, trung tâm London. Ông tin rằng nó đã bị nhiễm phân và chất nôn của những người mắc dịch tả, và lấy một mẫu nước để kiểm tra bằng kính hiển vi. Mặc dù ông không thể xác định được nguyên nhân cụ thể nào, điều tra của ông nhấn mạnh nước sạch là cần thiết cho y tế công cộng.

Nghiên cứu của Snow cho thấy cách dịch tả lây lan, chứ không phải căn nguyên của bệnh. Để biết được căn nguyên bệnh, phòng thí nghiệm là thiết yếu, và cụ thể là phòng thí nghiệm của Louis Pasteur. Khi ông tiếp tục nghiên cứu về các vi sinh vật, chính phủ Pháp yêu cầu ông điều tra một căn bệnh trên tằm đang tàn phá ngành dệt lụa của Pháp khi đó. Pasteur làm tất cả những gì có thể để hoàn thành nhiệm vụ, đưa cả gia đình đến miền Nam nước Pháp, nơi lụa được sản xuất. Ông để vợ và con làm việc cùng ông để cố gắng tìm ra nguyên nhân của vấn đề. Nguyên nhân hóa ra là một vi sinh vật nhiễm vào ấu trùng tằm. Bằng cách cho người ta thấy có thể tránh vấn đề này như thế nào, Pasteur đã cứu cả nền công nghiệp lụa của Pháp.

Việc này đưa đẩy Pasteur đến con đường nghiên cứu bệnh lý. Ông muốn minh chứng cho lòng tin của ông, rằng các vi sinh vật gây ra rất nhiều căn bệnh mà con người và động vật phải hứng chịu. Ông bắt đầu với bệnh than, một căn bệnh trên gia súc mà đôi khi lây sang cả con người. Cho đến gần đây, căn bệnh này đã bị hầu hết mọi người lãng quên, dù nó là một trong những thứ mà những tên khủng bố ngày nay dùng để đe dọa chúng ta. Bệnh than gây ra những vết đau kinh khủng trên da, và nếu lan vào máu, nó có thể làm chết người. Nó do một loài vi khuẩn lớn gây ra, nên người ta phát hiện ra nó tương đối dễ dàng. Bệnh than rồi sẽ trở thành bệnh đầu tiên trên người mà Pasteur có thể ngăn ngừa bằng cách tạo ra vaccine.

Trở lại năm 1796, Edward Jenner (1749–1823), một bác sĩ người Anh làm việc ở vùng nông thôn, đã tìm ra một cách ngăn chặn đậu mùa là chủ động đưa vào cơ thể một cậu bé những con vi trùng đậu mùa trên bò, một căn bệnh tương tự đậu mùa nhưng nhẹ hơn. Đậu mùa trên bò là một căn bệnh ở loài bò mà những cô gái đi vắt sữa bò thỉnh thoảng mắc phải, và người ta quan sát thấy những cô gái này dường như được bảo vệ tốt hơn trước căn bệnh đậu mùa vốn nguy hiểm hơn. Jenner gọi quy trình mới của ông là tiêm vaccine (xuất phát từ “con bò” trong tiếng Latin, *vacca),* và các chương trình tiêm vaccine được khởi động ở nhiều quốc gia. Chúng khiến cho căn bệnh nghiêm trọng này trở nên ít phổ biến hơn rất nhiều.

Pasteur muốn làm điều tương tự cho bệnh than, nhưng quanh ông không có một căn bệnh nào có liên hệ gần gũi với bệnh than. Thay vào đó, ông tìm cách làm cho vi khuẩn bệnh than yếu đi, bằng cách thay đổi điều kiện sống của chúng, ví dụ như nhiệt độ, biến đổi thức ăn mà chúng có thể tận dụng, hoặc cho chúng tiếp xúc với không khí. Vi khuẩn cần những điều kiện phù hợp để sinh sôi nảy nở, cũng giống chúng ta. Pasteur đã thành công trong việc khiến vi khuẩn bệnh than của ông ít có khả năng gây bệnh hơn, và

ông gọi những vi khuẩn đã bị làm yếu đi này là vaccine, để thể hiện lòng kính trọng Jenner. Ông mời các phóng viên báo chí đến để chứng kiến một thí nghiệm. Sau khi tiêm vaccine mà mình tạo ra vào một số gia súc và cừu, ông đưa vi khuẩn bệnh than vào cơ thể của những con vật này, và vào cơ thể của một nhóm khác. Thí nghiệm của ông là một thành công xuất chúng: những con vật đã được tiêm vaccine không bị ảnh hưởng khi bị đưa vi khuẩn vào cơ thể, trong khi những con vật không được bảo vệ chết vì bệnh. Pasteur đã khiến cho thế giới ý thức được sức mạnh của nghiên cứu y học.

Sau bệnh than là bệnh dại. Bệnh dại là một căn bệnh khủng khiếp, thường gây ra do một vết cắn của một động vật đã nhiễm bệnh. Nó thường gây chết người, và nạn nhân của nó, bao gồm nhiều trẻ nhỏ, sùi bọt mép và thậm chí không thể uống nước. Điều đáng chú ý ở Pasteur và bệnh dại là ông thậm chí không thể nhìn thấy mình đang phải đối phó với cái gì. Virus gây ra bệnh dại quá nhỏ đến nỗi những kính hiển vi sẵn có ở thời của Pasteur cũng không thể làm cho chúng rõ nét. Tuy nhiên, dựa vào triệu chứng của bệnh nhân, Pasteur biết rằng thứ gây ra bệnh dại tấn công vào não và tủy sống, ở trung tâm của hệ thần kinh. Vì thế, ông dùng tủy sống của một con thỏ để "nuôi" virus. Ông có thể làm cho virus thêm hoặc bớt nguy hiểm, tùy theo điều kiện mà ông nuôi nó. Ông sử dụng virus yếu hơn để làm vaccine. Ca bệnh con người đầu tiên của ông là một thành công gây chấn động và biến Pasteur trở thành một cái tên nổi tiếng trên toàn thế giới. Joseph Meister là một bé trai bị chó dại cắn. Cha mẹ của cậu, trong lúc tuyệt vọng, đưa cậu đến với Pasteur, người đồng ý cố gắng cứu cậu bé bằng rất nhiều mũi tiêm. Pasteur là một nhà hóa học, nên một bác sĩ mới là người thực sự tiêm, nhưng liệu trình tiêm vaccine đó là một thành công. Meister nhỏ bé đã sống sót, và làm việc cho Pasteur trong suốt phần còn lại của cuộc đời cậu. Những người khác bị động vật mắc bệnh dại cắn vội vã đến Paris để nhận được phép

chữa nhiệm mầu mới này. Quá trình chữa trị thành công gây tiếng vang ở tầm quốc tế, và người ta quyên góp để xây dựng Viện Pasteur, nơi Pasteur làm việc cho đến khi ông qua đời. Sau hơn một thế kỷ, Viện vẫn đang hoạt động rất uy tín.

Pasteur vẫn luôn bất thường, trong cả những thành công xuất chúng lẫn cách ông nuôi và nghiên cứu những vi sinh vật của ông. Những nhà khoa học khác cho rằng phương pháp của ông vụng và khó. Nhiều dụng cụ phòng thí nghiệm mà các nhà khoa học vẫn sử dụng đến ngày nay để nghiên cứu vi khuẩn được phát triển bởi đối thủ người Đức của Pasteur, Robert Koch (1843–1910). Không giống Pasteur, Koch là một bác sĩ, và ông bắt đầu nghiên cứu khi đang chữa trị cho các bệnh nhân. Ông cũng nghiên cứu bệnh than, thứ vi khuẩn người ta dễ dàng nhìn thấy. Ông tìm hiểu cách bệnh than lây truyền từ động vật sang người và phát hiện ra rằng nó có một vòng đời phức tạp. Đôi khi vi khuẩn bệnh than chuyển sang một trạng thái ngủ đông, gọi là "giai đoạn bào tử". Những bào tử này rất khó bị tiêu diệt và chúng cũng có thể lây nhiễm cho người và động vật để phát triển thành bệnh theo nhiều cách. Mặc dù mỗi vi khuẩn chỉ gồm một tế bào, chúng hóa ra lại là những sinh vật rất phức tạp.

Koch tiên phong trong việc sử dụng kỹ thuật chụp ảnh để tạo ra dữ liệu hình ảnh về những vi khuẩn gây bệnh. Ông nuôi vi khuẩn trên một loại thạch đặc gọi là agar-agar: cách này cho phép người ta xác định và nghiên cứu từng "khuẩn lạc" (nhóm vi khuẩn) riêng lẻ. Nó đỡ lộn xộn hơn nhiều so với các bình thí nghiệm và dịch của Pasteur. Một trong những trợ lý của Koch, tên là Petri, đã phát minh ra chiếc đĩa nhỏ dùng để đựng agar và nuôi vi khuẩn. Koch cũng đánh giá cao việc sử dụng chất màu để xác định các loại vi khuẩn khác nhau. Những phát triển này đã thay đổi bộ mặt của ngành vi khuẩn học, và giúp các nhóm bác sĩ và nhà khoa học trên toàn thế giới bắt đầu hiểu được những sinh vật nhỏ bé này.

Koch là một "thợ săn vi sinh vật". Ông xác định được vi khuẩn gây ra hai trong số những căn bệnh nghiêm trọng nhất thế kỷ 19. Năm 1882, ông công bố tìm ra vi khuẩn tubercle bacillus, vi khuẩn gây ra bệnh lao. Bệnh lao giết chết nhiều người hơn bất cứ căn bệnh nào khác trong thế kỷ 19, nhưng bác sĩ cho rằng nó là do di truyền, hoặc là kết quả của lối sống không lành mạnh. Nghiên cứu của Koch chứng minh rằng lao là một bệnh nhiễm trùng, lây từ người bệnh sang người khác. Nó khác với các bệnh dịch lây lan khác như cúm, sởi, sốt phát ban, và bệnh tả, vì nó là một căn bệnh tiến triển chậm – chậm lây, chậm nhiễm, và chậm dẫn đến cái chết. Bệnh lao thường tàn phá phổi của người ta qua một vài năm.

Khám phá vĩ đại thứ hai của Koch là tìm ra vi khuẩn gây bệnh tả, căn bệnh đáng sợ còn lại. Khi nó xuất hiện ở Ai Cập năm 1883, người Pháp và người Đức đã điều các nhà khoa học đến để xem họ có thể tìm ra nguyên nhân của nó không. Đó là một cuộc ganh đua. Một người trong nhóm người Pháp mắc bệnh và qua đời. (Pasteur cũng đã muốn đi nhưng ông quá yếu.) Koch và các đồng nghiệp người Đức của ông nghĩ rằng họ có thể đã tìm ra đúng vi khuẩn gây bệnh, nhưng họ không chắc chắn. Vì thế. Koch đến Ấn Độ, nơi bênh tả luôn hiện diện vào thời đó. Khi xác định vi khuẩn tả hình que, ông chứng minh rằng Snow đã đúng – nguồn bệnh là một thứ gì đó ở trong nước. Ông tìm thấy vi khuẩn này trong phân của người bệnh, và trong giếng mà họ lấy nước. Việc hiểu được nguyên nhân của các bệnh nhiễm trùng mở đường cho việc kiểm soát tốt hơn và cuối cùng là tạo ra vaccine, thứ đã cứu sống vô số người trong thế kỷ vừa qua.

Từ cuối những năm 1870, nhiều vi trùng gây bệnh đã được xác định chính xác (và cũng nhiều vi trùng được tuyên bố gây bệnh nhưng sau này được chứng minh là không hề nguy hiểm). Đó là một giai đoạn đầy phấn khích, và nhiều bác sĩ nghĩ rằng nó báo trước một bình minh mới cho y học và vệ sinh. Nó cho thấy tầm quan trọng của nước sạch, sữa sạch, và bất cứ thứ gì sạch chúng

ta ăn và uống. Từ lúc đó, các bác sĩ mới khuyên chúng ta rửa sạch tay sau khi đi vệ sinh, và che miệng khi chúng ta ho. Xác định được các vi trùng đồng nghĩa với việc các nhà khoa học có thể tạo ra vaccine, sau đó là thuốc. Và nó khiến ngành phẫu thuật hiện đại thành khả thi.

Ngay từ đầu những năm 1860, nhà phẫu thuật người Anh Joseph Lister (1827–1912) đã được truyền cảm hứng từ những vi trùng của Pasteur. Ông đã giới thiệu thứ ông gọi là phẫu thuật *khử trùng.* Bạn chắc cũng có ít kem khử trùng trong bộ đồ sơ cứu của mình. Phương pháp mới của ông liên quan đến acid carbolic, cũng được biết đến với cái tên phenol, được dùng để tẩy uế nước thải. Ông sử dụng acid carbolic để rửa dụng cụ phẫu thuật và băng gạc mà ông sẽ đặt lên vị trí vết mổ trên cơ thể người bệnh. Sau này ông phát minh ra một thiết bị phun acid carbolic lên cơ thể bệnh nhân và đôi bàn tay của bác sĩ phẫu thuật trong ca phẫu thuật. Khi Lister so sánh bệnh nhân của ông với bệnh nhân của những bác sĩ phẫu thuật không sử dụng phương pháp "Listerian", hoặc với những bệnh nhân của chính ông trước khi phương pháp Listerian ra đời, ông thấy số lượng người sống sót sau phẫu thuật cao hơn nhiều. Họ không chết vì bị nhiễm trùng ở vị trí mổ và lan vào máu. Trong những thí nghiệm để phủ nhận thuyết tự sinh, Pasteur đã chứng minh rằng vi trùng được truyền đi trong không khí trên những hạt bụi. Lister đã tiêu diệt những vi trùng này với thủ tục khử trùng bằng acid carbolic của ông.

Cũng như cách ông cải tiến dụng cụ phòng thí nghiệm của Pasteur, Robert Koch cải tiến phương pháp phẫu thuật khử trùng của Lister. Lister nhắm đến việc tiêu diệt bất cứ vi trùng gây bệnh nào ở vết thương. Phẫu thuật *vô trùng* của Koch ngăn chúng đến vết thương ngay từ đầu. Koch đã phát minh ra nồi hấp áp suất, một thiết bị sử dụng hơi nước rất nóng để làm vô trùng các dụng cụ phẫu thuật. Phẫu thuật vô trùng cho phép các nhà phẫu thuật, lần đầu tiên trong lịch sử, thao tác vào trong các khoang của cơ thể

(ngực, bụng, và não). Nó dần mang đến cho chúng ta phòng phẫu thuật hiện đại, với những áo và khẩu trang phẫu thuật, găng tay cao su và các dụng cụ vô trùng.

Cùng với mức độ vệ sinh hiện đại, phẫu thuật hẳn sẽ không thể đạt được tiến bộ nếu không có trạng thái gây mê. Nó đã được đưa vào sử dụng trong y học vào những năm 1840, Hoa Kỳ. Trạng thái gây mê là một chiến thắng của hóa học để phục vụ y học, bởi những hợp chất đã được chứng minh là làm con người ngủ, ether và chloroform, là những hóa chất được tạo ra trong phòng thí nghiệm. (Nitro oxide của Humphry Davy là một thuốc gây mê khác ở thời kỳ sơ khởi này.) Việc loại bỏ những cơn đau quằn quại, và đôi khi cả cái chết, khỏi những cuộc phẫu thuật và các ca sinh nở dường như không thể là thứ gì khác ngoài phép mầu. Một trong những nhà tiên phong người Anh về gây mê là John Snow, người nổi tiếng từ bệnh tả. Sự nghiệp gây mê của Snow đạt đỉnh cao khi ông đưa Nữ hoàng Victoria vào trạng thái gây mê, trong lần bà sinh hạ hai người con út. Nữ hoàng, trước đó đã sinh 7 người con mà không lần nào được gây mê, cảm thấy việc gây mê là một điều rất tốt.

Hiểu về vi trùng giúp phẫu thuật tiên tiến trở nên khả thi. Nó cũng cho các bác sĩ nhiều cách để hiểu về các bệnh nhiễm trùng, thứ đã gây quá nhiều đau đớn và chết chóc trong suốt lịch sử loài người. Và khi đó, người ta đã có cơ sở khoa học cho khám phá vaccine của Edward Jenner để bảo vệ con người khỏi các bệnh cụ thể. Những mũi tiêm này là xứng đáng, ngay cả khi chúng gây đau lúc tiêm, bởi chúng đem đến một niềm hy vọng, rằng nếu tất cả mọi người được tiêm vaccine, nhiều bệnh truyền nhiễm sẽ bị kiểm soát hoàn toàn. Chúng ta ngày nay biết về vi trùng nhiều hơn hẳn thời đại của Pasteur và Koch. Và chúng ta cũng có nhận thức cao hơn, mà Chương 36 sẽ nói cho bạn, về việc chúng, những con vi khuẩn, virus và kí sinh trùng này, thích nghi tốt và khó nắm bắt như thế nào. Chúng vẫn luôn có thể thích nghi với thuốc và các

phương pháp chữa trị mà các bác sĩ sử dụng nhằm vào chúng, và dần có được sức kháng cự – một bài học trong thuyết tiến hóa của Darwin. Chúng sống sót vì chúng thích nghi, bài học mà Darwin dạy đầu tiên.

Chương 28

Động cơ và năng lượng

“Tôi bán ở đây, thưa ngài, thứ mà cả thế giới đều khao khát có được – SỨC MẠNH”.§ Kĩ sư Matthew Boulton (1728–1809) biết rõ mình đang nói về điều gì. Trong những năm 1970, Boulton và những người đàn ông tham vọng khác, ví dụ như nhà phát minh James Watt (1736 -1819), sử dụng động cơ hơi nước trong các hoạt động khai mỏ và sản xuất. Họ dường như đã thuần phục được năng lượng, hay công suất. Những người đàn ông này thúc đẩy Cách mạng Công nghiệp ở Vương quốc Anh, đất nước đầu tiên công nghiệp hóa và phát triển hệ thống nhà máy. Nó là một cuộc cách mạng với động lực từ các tiến bộ khoa học, và dựa vào việc công suất tăng lên đáng kể để sản xuất hàng hóa với tốc độ cao và vận chuyển chúng đi xa và đến nhiều nơi. Chúng ta không thể nào tưởng tượng nổi thế giới hiện đại sẽ ra sao khi không có năng lượng – rất nhiều năng lượng. Và tất cả bắt đầu với hơi nước.

Bản thân động cơ hơi nước rất đơn giản. Bạn có thể thấy nguyên lý của nó hoạt động trong thực tế mỗi lần bạn đun một nồi nước có đậy vung: lực của hơi nước đẩy vào vung để hơi nước thoát ra và khiến vung phát ra tiếng lạch cạch. Bây giờ, hãy tưởng tượng, thay vì một cái nồi, bạn có một cylinder kín với chỉ một lỗ nhỏ ở một đầu. Được lắp bên trong cylinder này là một piston di

chuyển được (piston này là một đĩa nằm vừa khít trong cylinder, với một núm vừa khít với lỗ nhỏ kia). Áp suất từ hơi nước đang thoát ra sẽ đẩy piston lên và làm chuyển động bất cứ thứ gì gắn với nó: có thể là một cần đẩy gắn với bánh xe của một tàu hỏa. Như vậy, một động cơ hơi nước chuyển năng lượng của hơi nước thành chuyển động: cơ năng. Động cơ này làm được những việc có ích, như đẩy một cỗ máy cơ khí hoặc bơm rất nhiều nước ra khỏi một hầm mỏ.

Cả Boulton và Watt đều không phải là người phát minh ra động cơ hơi nước: nó đã tồn tại hơn một trăm năm. Nhưng những mẫu động cơ đầu tiên thô sơ, không đủ độ tin cậy và hiệu suất thấp. Chính Watt là bộ não đằng sau sự cải tiến của động cơ này. Mô hình của ông không những cung cấp sức mạnh giúp cho nước Anh công nghiệp hóa, mà còn dẫn các nhà khoa học đi tìm hiểu về một định luật cơ bản của tự nhiên. Nó giúp cho người ta thấy rằng nhiệt không phải là một chất, như Lavoisier đã từng nghĩ, mà là một dạng năng lượng.

Trong số những người tư duy sâu sắc đang nghiên cứu các động cơ trong thời Cách mạng Công nghiệp, một người đàn ông đặc biệt nổi bật lên khỏi đám đông. Đó là kĩ sư trẻ người Pháp, Sadi Carnot (1796–1832). Người Pháp và người Anh là những đối thủ lớn của nhau vào thời này. Carnot hiểu rằng người Anh đột nhiên đã vượt lên trước rất xa bằng việc thiết kế ra các động cơ hơi nước và sử dụng công suất mà chúng sản sinh ra. Ông muốn nước Pháp bắt kịp, và khi quan sát động cơ hơi nước làm việc, ông đã phát hiện ra một nguyên lý khoa học quan trọng. Ông quan tâm đến *hiệu suất* của động cơ hơi nước.

Nếu một động cơ hơi nước có hiệu suất hoàn hảo, nó sẽ chuyển *toàn bộ* năng lượng cần dùng để đun sôi nước thành công suất cho động cơ. Bạn có thể đo được lượng nhiệt sinh ra từ việc đốt gỗ hoặc than đá để tạo ra hơi nước, sau đó đo công suất, hoặc công

mà piston tạo ra. Nếu động cơ có hiệu suất tuyệt đối, hai lượng này phải giống nhau. Tiếc thay, người ta không bao giờ có thể làm ra động cơ có hiệu suất tuyệt đối.

Tất cả các động cơ đều có cái gọi là bình nhiệt, hay "bồn" nhiệt, nơi hơi nước đã nguội và nước được thu lại sau khi hoàn thành nhiệm vụ của chúng. Bạn có thể đo nhiệt độ của hơi nước đi vào động cơ và nhiệt độ của hơi nước (hoặc nước) còn lại ở cuối mỗi chu trình của động cơ. Trong bình nhiệt, nhiệt độ của hơi nước đi ra luôn thấp hơn của hơi nước đi vào. Carnot chứng minh rằng có thể sử dụng mức chênh lệch giữa hai nhiệt độ để tính hiệu suất của động cơ. Nếu hiệu suất hoàn hảo là 1, hiệu suất thực là kết quả của phép tính lấy 1 trừ đi thương số giữa nhiệt độ trong bồn nhiệt (hơi nước đi ra) và nhiệt độ của nguồn hơi nước (hơi nước đi vào). Cách duy nhất để đạt được chỉ số 1 của hiệu suất hoàn hảo là làm cho động cơ lấy được *hết* nhiệt lượng ra khỏi hơi nước. Khi đó, tỉ lệ giữa nhiệt độ hơi nước ra và hơi nước vào là 0. Như thế $1 - 0 = 1$. Để điều này xảy ra, một trong hai nhiệt độ đo được phải bằng 0 hoặc vô hạn: hơi nước nóng vô hạn đi vào hoặc hơi nước đi ra bồn có nhiệt độ "0 tuyệt đối" (nhiệt độ thấp nhất có thể đạt được trên lý thuyết, mà chúng ta sẽ xem xét ở dưới). Cả hai nhiệt độ này đều là không thể đạt được, nên hiệu suất thực luôn thấp hơn hiệu suất hoàn hảo.

Phương trình đơn giản của Carnot, nhắm đến việc đo hiệu suất của động cơ, cũng tóm tắt một quy luật sâu của tự nhiên. Nó giải thích tại sao những cỗ máy "chuyển động vĩnh cửu" đôi khi được nhắc đến trong các tác phẩm khoa học viễn tưởng, nhưng không bao giờ có thể tồn tại trong thế giới thực. Chúng ta luôn phải sử dụng năng lượng để tạo ra năng lượng, ví dụ, chúng ta phải đốt than hoặc nhiên liệu khác để làm nóng nước từ đầu. Vào những năm 1840 và 1850, các nhà khoa học khác nghiên cứu thực tế cơ bản này của tự nhiên. Một trong số họ là một nhà vật lý học người Đức, Rudolph Clausius (1822–1888), người dành nhiều thời gian

trong đời để quan sát cách nhiệt độ lưu chuyển trong những tình huống thí nghiệm được kiểm soát chặt chẽ. Để làm điều này, ông đưa ra một khái niệm mới trong vật lý học: *entropy*. Entropy là một công cụ đo mức độ xáo trộn (không theo trật tự) của những thứ trong một hệ thống. Việc xáo trộn mọi thứ dễ dàng hơn nhiều so với việc sắp xếp lại chúng. Nếu bạn trộn sơn màu trắng với sơn màu đen, bạn có sơn màu xám. Xáo trộn là việc dễ, nhưng không thể đảo ngược quy trình ấy và lấy lại được màu trắng và màu đen thuần khiết. Nếu bạn khuấy sữa và đường vào trà, bạn có thể lấy lại được đường nếu bạn chịu khó trải qua các công đoạn rắc rối, nhưng lấy lại sữa là việc không thể. Năng lượng cũng như vậy: một khi bạn đã đốt than, bạn không thể dùng năng lượng nó tạo ra để lấy lại than đã đốt.

Đối với những người ở thế kỷ 19, entropy là một ý tưởng gây chán nản. Clausius tuyên bố rằng Vũ Trụ đang ngày càng trở nên xáo trộn, vì entropy là giai đoạn "tự nhiên" của nó. Một khi các thứ đã xáo trộn, người ta cần nhiều năng lượng hơn để đưa chúng lại trật tự ban đầu, cũng giống như việc dọn dẹp phòng tiêu tốn nhiều năng lượng hơn việc làm nó bừa bộn. Theo Clausius, cả Vũ Trụ đang dần dần mất năng lượng, và điểm kết thúc là một Vũ Trụ trong đó vật chất và năng lượng được phân bố đều trong mọi không gian. Ngay cả Mặt Trời của chúng ta cũng sẽ chết, trong khoảng 5 tỉ năm nữa, cùng với nó là toàn bộ sự sống trên Trái Đất. Từ giờ tới lúc đó, tất nhiên, thực vật và động vật, con người, những ngôi nhà và máy tính của chúng ta vẫn bất chấp điểm kết thúc cuối cùng trong kết luận mà Clausius rút ra. Như một câu tục ngữ cổ, "Trời vẫn nắng thì cứ phơi cỏ cho khô".

Trong khi các nhà vật lý học và các kĩ sư lo lắng về tác động của entropy, họ cũng suy xét xem năng lượng chính xác là gì. Nhiệt là một dạng năng lượng quan trọng, nên bộ môn nghiên cứu năng lượng được gọi là *nhiệt động lực học* (thermodynamics – một từ kết hợp các từ trong tiếng Hy Lạp có nghĩa "nhiệt" và "sức mạnh").

Vào những năm 1840, một số người đi đến những kết luận tương tự nhau về mối liên hệ giữa các dạng khác nhau của năng lượng. Lúc đó họ đang xem xét rất nhiều thứ khác nhau. Điều gì xảy ra khi nước đóng băng hay sôi? Các cơ bắp của chúng ta làm thế nào để có thể nhấc được vật nặng? Làm thế nào động cơ hơi nước sử dụng được hơi nước nóng để tạo ra thứ gì đó làm được việc? (Tuyến đường sắt công cộng đầu tiên, chạy với động cơ hơi nước, được mở ở miền Bắc nước Anh năm 1825.) Tiếp cận câu hỏi từ những góc nhìn khác nhau này, họ đều nhận ra rằng bạn không thể tạo ra năng lượng từ hư vô, cũng không thể làm nó biến mất hoàn toàn. Tất cả những gì bạn có thể làm với năng lượng là khiến nó chuyển từ dạng này sang dạng khác. Đôi khi, bạn có thể tận dụng quá trình chuyển đổi này để làm một công việc nào đó cho mình. Nguyên lý này sau đó được gọi là định luật bảo toàn năng lượng.

Nhà vật lý học người Manchester J.P. Joule (1818–1889) muốn hiểu mối liên hệ giữa nhiệt và công§. Cần bao nhiêu năng lượng để sinh ra một lượng công nhất định? Trong một loạt thí nghiệm xuất sắc, ông đã chứng minh rằng nhiệt và công liên hệ trực tiếp với nhau theo những cách có thể được diễn đạt bằng toán học. Bạn sử dụng năng lượng để tạo ra công (đạp xe đạp chẳng hạn), và nhiệt là một dạng năng lượng phổ biến. Hãy nghĩ đến việc leo lên đỉnh một ngọn núi. Chúng ta sử dụng năng lượng mỗi khi chúng ta vận động cơ bắp. Năng lượng này đến từ những thức ăn mà chúng ta ăn và tiêu hóa, sử dụng oxy chúng ta hít vào để "đốt" calorine trong thức ăn của chúng ta. Bây giờ, hãy tưởng tượng, có hai con đường lên đỉnh núi, một con đường rất dốc, con đường còn lại thoải hơn. Điều mà Joule đã chứng minh là, xét về năng lượng cần tiêu thụ, việc bạn chọn con đường nào không quan trọng. Con đường dốc có thể khiến cơ của bạn đau nhức, nhưng lượng năng lượng bạn dùng để đưa khối lượng cơ thể từ chân núi đến đỉnh núi là như nhau, bất kể bạn chọn con đường nào, bất kể bạn chạy

hay đi bộ lên. Các nhà vật lý học vẫn nhớ đến tên của Joule. Nó được gắn với một số đơn vị đo, bao gồm cả một đơn vị đo năng lượng, hoặc nhiệt.

Con người từ lâu đã luôn cố gắng đo nhiệt chứa trong một vật, tức *nhiệt độ* của vật đó. Galileo đã thử nhiều phương pháp với "nhiệt nghiệm", một dụng cụ biểu thị sự thay đổi mỗi khi nhiệt độ tăng lên. Một cái nhiệt nghiệm cho bạn thấy vật nào đó đang nóng lên hoặc nguội đi; một *nhiệt kế* cho con số vào mức nhiệt. Chúng ta vẫn sử dụng hai thang nhiệt độ được sáng chế từ những buổi đầu. Một thang được phát minh bởi nhà vật lý học người Đức, Daniel Gabriel Fahrenheit (1686–1736), người sử dụng nhiệt kế chứa cả thủy ngân và cồn; trong thang nhiệt độ của ông, nước đóng băng ở 32 độ, và nhiệt độ bình thường của cơ thể chúng ta là 98,6 độ. Anders Celsius (1701–1744) tạo ra thang nhiệt độ của ông bằng cách sử dụng điểm đóng băng và điểm sôi của nước, trong đó điểm đóng băng được đặt là 0 độ và điểm sôi là 100 độ. Nhiệt kế của ông đo nhiệt độ giữa hai điểm này. Hai thang nhiệt độ này vẫn là một phần của cuộc sống hằng ngày của chúng ta, từ việc biết nhiệt độ phù hợp để nướng một chiếc bánh, cho đến việc than phiền về thời tiết.

Nhà vật lý học người Scotland William Thomson (1824 1907) phát minh ra một thang đo khác. Ông đặc biệt quan tâm đến cách nhiệt và các dạng khác của năng lượng hoạt động trong tự nhiên. Ông là một giáo sư ở Đại học Glasgow và sau này được phong danh hiệu Huân tước Kelvin. Thang nhiệt độ của ông được biết đến với cái tên thang Kelvin hoặc thang K. Ông phát minh ra thang K bằng cách sử dụng những phương pháp đo đạc rất chính xác và những nguyên lý khoa học. So với thang K, Celsius và Fahrenheit hóa ra là những phép đo nhiệt độ rất thô sơ.

Điểm xác định của thang K là "điểm ba pha của nước". Hiện tượng này xảy ra khi cả ba trạng thái của nước gồm nước đá (rắn),

nước (lỏng), và hơi nước (khí) ở "trạng thái cân bằng về nhiệt động lực học". Trạng thái cân bằng về nhiệt động lực học có thể xảy ra trong một hệ thống thí nghiệm, khi một chất được cách ly khỏi môi trường xung quanh để nhiệt độ và áp suất là cố định. Khi đó, không có sự thay đổi về trạng thái của chất và không có năng lượng nào thoát ra ngoài hoặc truyền vào trong hệ thống. Điểm ba pha của nước là khi trạng thái rắn, lỏng, và khí được giữ cân bằng hoàn hảo. Ngay khi nhiệt độ hoặc áp suất thay đổi, trạng thái cân bằng mất đi.

Ở thang đo Celsius và Fahrenheit, nhiệt độ có thể xuống đến âm khi quá lạnh. Bạn sẽ có lúc nghe thấy người dự báo thời tiết nói "âm hai hoặc ba độ". Không có số âm trong thang nhiệt độ K. Nước đóng băng ở 273,16 Kelvin (tương đương với 0 độ trong thang Celsius và 32 độ trong thang Fahrenheit). Sẽ lạnh hơn rất nhiều khi nhiệt độ xuống đến gần 0 Kelvin. Nhưng ở đây, 0 thực sự có nghĩa là 0 hay còn gọi là "độ không tuyệt đối". Ở nhiệt độ thấp đến mức không bao giờ có thể xảy ra này, tất cả mọi chuyển động, mọi năng lượng, ngưng hoạt động. Giống như động cơ hiệu suất hoàn hảo, chúng ta không thể nào đạt được nhiệt độ này.

Kelvin và những người khác giúp giải thích cả khoa học và sự vận hành thực tế của tất cả các loại động cơ. Khi thế kỷ 19 trôi đi, ba khám phá được tóm lược trong chương này trở thành định luật thứ nhất, thứ hai, và thứ ba của nhiệt động lực học: định luật bảo toàn năng lượng, định luật entropy, và định luật về sự tĩnh lặng tuyệt đối của nguyên tử ở độ không tuyệt đối. Những định luật này giúp chúng ta hiểu được những điều quan trọng về năng lượng, công và công suất.

Thế giới hiện đại đã không thể nào kiềm chế được khao khát tận dụng những sức mạnh mới được tìm thấy này: để chạy các nhà máy, tàu thủy, tàu hỏa, và khi dần đến cuối đời của Kelvin là xe ô tô chạy bằng motor. Những con tàu hỏa và tàu thủy hơi nước sử

dụng nhiệt từ than trong lò của chúng để tạo ra hơi nước chạy động cơ. Nhưng những chiếc ô tô dựa trên một loại động cơ mới: động cơ đốt trong. Động cơ này cần một nhiên liệu rất dễ bay hơi gọi là xăng, được phát hiện ở gần cuối thể kỷ 19. Xăng trở thành một trong những sản phẩm quan trọng nhất của thế kỷ 20. Bây giờ, trong thiên niên kỷ mới, nó vẫn là một trong những tài nguyên được người ta tranh chấp nhiều nhất, và cũng ngày càng khan hiếm.

← Nguyên văn: power. Từ này có 3 nghĩa: năng lực hoặc sức mạnh, quyền lực, và công suất. ← "Công" được tác giả nhắc đến ở đây là "công" trong vật lý học.

Chương 29

Xếp các nguyên tố vào bảng

Mỗi lần chúng ta trộn các nguyên liệu để nướng thứ gì đó, chúng ta đang sử dụng các phản ứng hóa học. Tiếng xì xì mà chúng ta nghe thấy khi làm sạch cặn trong ấm đun nước chính là dấu hiệu hóa học đang làm việc cho chúng ta. Những chai nước bằng nhựa chúng ta mang, những quần áo nhuộm màu mà chúng ta mặc, có thể ra đời là nhờ những kiến thức về hóa học được tích lũy qua hàng trăm năm.

Hóa học trở nên hiện đại vào thế kỷ 19. Hãy tóm tắt lại một chút. Vào đầu thế kỷ, các nhà hóa học đã tiếp nhận lý thuyết của Dalton về nguyên tử, như bạn đã đọc ở Chương 21. Sau đó họ có được những bước tiến dài vĩ đại trong việc tạo ra một ngôn ngữ đặc biệt mà họ đều sẽ hiểu, bất kể họ đến từ quốc gia nào. Họ có hệ thống kí hiệu cho các nguyên tố, ví dụ như H, cho hai nguyên tử hydro. Tất cả mọi người đồng ý rằng *nguyên tử* là đơn vị vật chất nhỏ nhất. Họ sử dụng từ *nguyên tố* để chỉ một chất được cấu thành bởi chỉ một loại nguyên tử (ví dụ như carbon). Một *hợp chất* là hai hay nhiều nguyên tố liên kết với nhau về mặt hóa học. Bạn có thể phân tách các hợp chất thành các nguyên tố (amoniac có thể được tách thành nitro và hydro), nhưng khi bạn đã có được các nguyên tố đơn lẻ, bạn không thể tách chúng ra nhỏ hơn nữa.

Mặc dù các nguyên tử rõ ràng không phải những hạt hình cầu nhỏ và cứng như Dalton đã gợi ý, người ta cực kì khó có thể nói chính xác chúng là gì. Thay vào đó, các nhà hóa học bắt đầu khám phá ra rất nhiều điều về cách chúng phản ứng khi được đặt vào với những nguyên tử hoặc hợp chất khác. Một số nguyên tố đơn giản là không tương tác hay phản ứng với những nguyên tố khác, bất kể bạn làm gì. Một số sẽ phản ứng mãnh liệt với nhau đến mức bạn phải đề phòng một vụ nổ. Dẫu vậy, đôi khi, bạn có thể có được một phản ứng nếu bạn hỗ trợ cho nó bắt đầu. Oxy và hydro có thể đặt cạnh nhau trong một ống thủy tinh và không chuyện gì xảy ra. Nếu bạn đưa một tia lửa điện vào đó, bạn phải cẩn thận! Bất chấp vụ nổ tạo cảm giác kịch tính, phản ứng hóa học này chỉ tạo ra một thứ không thể nào bình thường hơn, là nước. Ở thái cực còn lại, nếu magnesium và carbon được đặt cạnh nhau trong một bình thí nghiệm không có không khí, bạn có thể nung nóng chúng mãi mãi và chẳng có gì xảy ra cả. Hãy đưa một chút không khí vào, và bạn sẽ được đón chào với ánh sáng rực rỡ và một nhiệt lượng kinh khủng.

Các nhà hóa học luôn ý thức được những phản ứng hóa học đa dạng này. Họ cũng trở nên tò mò về những thứ đã gây ra các phản ứng hóa học và những quy luật đã được tìm thấy trong phòng thí nghiệm. Họ thực hiện thí nghiệm theo 2 cách chính: tổng hợp và phân tách. *Tổng hợp* là đưa các nguyên tố vào với nhau: bạn bắt đầu với các nguyên tố đơn lẻ hoặc các hợp chất đơn giản, và khi những nguyên tố này phản ứng với nhau, bạn xem xét kết quả, xem thứ đã được tạo ra. *Phân tách* là việc ngược lại: bạn bắt đầu với một hợp chất phức tạp, rồi làm điều gì đó để tách nó ra, và, qua việc quan sát những sản phẩm cuối cùng, bạn cố gắng hiểu hợp chất ban đầu. Những phương pháp này bắt đầu cho các nhà hóa học hiểu rõ hơn về thành phần của những hợp chất khá đơn giản. Sau đó, người ta dễ dàng tạo ra những hợp chất phức tạp hơn, bằng cách bổ sung những phần mới vào những chất mà họ đã

hiểu tương đối rõ.

Từ tất cả những thí nghiệm này, hai điều trở nên đặc biệt rõ ràng. Đầu tiên, như chúng ta đã thấy, chính mỗi nguyên tố đều có xu hướng dương hoặc âm. Như một câu thành ngữ, trái dấu thì hút nhau. Ví dụ, natri, một nguyên tố mang điện tích dương tự nhiên, kết hợp dễ dàng với clo, một nguyên tố âm, để tạo thành natri clorua (thực chất chỉ là muối ăn mà chúng ta rắc lên thức ăn). Dương và âm trung hòa lẫn nhau, nên muối trung tính. Tất cả các hợp chất ổn định (những hợp chất sẽ không thay đổi trừ khi người ta làm gì đó với chúng) là trung tính mặc dù chúng được tạo thành từ những nguyên tố không nhất thiết là trung tính. Kết hợp natri và clo là một ví dụ về tổng hợp. Bạn có thể phân tách hóa học thứ muối bạn vừa tạo ra. Hòa tan muối vào nước, đặt dung dịch vào một điện trường với các cực dương và cực âm, và muối sẽ tách ra. Natri chuyển về cực âm, và clo nhảy múa về phía cực dương. Hàng trăm thí nghiệm tương tự đã thuyết phục các nhà hóa học rằng các nguyên tử của những nguyên tố này thực sự có những đặc tính dương và âm. Và những đặc tính này đóng một vai trò thiết yếu trong việc quyết định những gì xảy ra khi các nguyên tố phản ứng với nhau.

Thứ hai, một số nhóm nguyên tử có thể gắn với nhau trong các thí nghiệm, và những tập hợp nguyên tử này có thể hoạt động như một đơn vị đơn nhất. Những đơn vị này được gọi là các “gốc” và chúng cũng có tính dương hoặc âm. Chúng đặc biệt quan trọng trong hóa học “hữu cơ”, một lĩnh vực mà các nhà hóa học đang trên đường tìm hiểu một loạt nhiều hợp chất liên quan đến nhau (tất cả đều chứa carbon), ví dụ như ether, cồn hoặc benzen. Các benzen là một nhóm thú vị, mỗi chất có một cấu trúc dạng vòng. Nhiều nhà hóa học đã hào hứng cố gắng phân loại những nhóm hữu cơ này, để hiểu chúng được hình thành từ gì và cách chúng phản ứng, đặc biệt là vì rất nhiều chất đang trở nên quý giá trong công nghiệp. Các hóa chất công nghiệp ngày càng được sản xuất

trong các nhà máy nhiều hơn, thay vì trong các phòng thí nghiệm nhỏ. Vào thời điểm đó, nhu cầu đang gia tăng đối với phân bón, sơn màu, dược phẩm, thuốc nhuộm, và đặc biệt từ những năm 1850, các sản phẩm từ dầu. Ngành công nghiệp hóa học hiện đại đã bắt đầu, và hóa học trở thành một nghề nghiệp, chứ không chỉ là thú chơi của những người tò mò hoặc người giàu.

Các nguyên tố cũng có những đặc tính vật lý học và hóa học riêng. Khi ngày càng nhiều nguyên tố được tìm thấy, các nhà hóa học phát hiện ra những quy luật nhất định. Dường như các nguyên tử đơn lẻ của một số nguyên tố, như hydro, natri hoặc clo, muốn liên kết với chỉ một nguyên tử của nguyên tố khác trong một lần liên kết. Ví dụ, một nguyên tử hydro và một nguyên tử clo kết hợp với nhau để tạo ra một acid mạnh, acid clohydric (HCl). Một nguyên tử đơn lẻ của chất khác, ví dụ như oxy, barium và magnesium, dường như có khả năng thu nhận gấp đôi khi liên kết với các nguyên tử hoặc gốc khác, và vì thế cần hai nguyên tử hydro liên kết với một nguyên tử oxy để tạo ra nước. Một số nguyên tố thậm chí còn linh hoạt hơn, và luôn luôn có những ngoại lệ khiến cho người ta khó có thể xác định bất cứ quy luật cứng nhắc và nhanh gọn nào. Các nguyên tố (và các gốc) cũng khác nhau về mức độ tích cực tham gia phản ứng hóa học. Phốt pho tích cực đến mức nó phải được xử lý một cách thận trọng; silicon nhìn chung chậm chạp và ít nguy hiểm hơn nhiều.

Các nguyên tố cũng khác nhau rõ rệt về tính chất vật lý. Ở nhiệt độ bình thường, hydro, oxy, nitro và clo ở thể khí; thủy ngân và natri ở thể lỏng. Đa số nguyên tố ở thể rắn: kim loại như chì, đồng, nikel và vàng. Nhiều nguyên tố khác, trong đó carbon và lưu huỳnh được nghiên cứu đặc biệt nhiều, đều ở thể rắn ở điều kiện bình thường. Đưa đa số nguyên tố rắn vào một lò nung bình thường và chúng dễ dàng nóng chảy, và đôi khi còn bay hơi (biến thành khí). Thủy ngân lỏng và natri lỏng cũng dễ dàng bay hơi (nhưng lại rất nguy hiểm). Các nhà hóa học thế kỷ 19 không thể tạo được nhiệt

độ đủ thấp để biến các chất khí như oxy hay nitro chuyển sang thể lỏng, chứ chưa nói đến thể rắn. Nhưng họ nhận ra vấn đề của họ thuần túy nằm ở kỹ thuật. Về nguyên lý, mỗi nguyên tố đều có thể tồn tại ở cả ba trạng thái vật chất: rắn, lỏng và khí.

Đến những năm 1850, hóa học bắt đầu bước vào thời kì trưởng thành, và trong giai đoạn thú vị này người ta có nhiều điều để tranh luận, về khối lượng tương đối của các nguyên tử, các phân tử (các nhóm nguyên tử) liên kết với nhau như thế nào, sự khác biệt giữa các hợp chất "hữu cơ" và "vô cơ", cùng nhiều vấn đề khác. Năm 1860, một sự kiện xảy ra đã góp phần tạo nên hóa học hiện đại. Nó là một sự kiện dường như rất bình thường vào ngày nay, nhưng lại không bình thường vào thời đó: một hội thảo quốc tế. Trước thời đại của điện thoại, thư điện tử và di chuyển thuận tiện, các nhà khoa học hiếm khi gặp nhau và giao tiếp chủ yếu qua thư tay. Việc được nghe một nhà khoa học khác từ nước ngoài nói về công trình của người đó, kế tiếp là một cuộc thảo luận mở, là một sự kiện rất hiếm. Các hội thảo quốc tế bắt đầu được tổ chức từ những năm 1850, và nhờ tàu hỏa và tàu biển hơi nước mà việc đi lại dễ dàng hơn, cho phép người ta gặp và nói chuyện với những đồng nghiệp từ các quốc gia khác. Chúng cũng tuyên bố với thế giới một niềm tin được đồng thuận rộng rãi trong cộng đồng khoa học: rằng bản thân khoa học là khách quan và quốc tế, vượt qua tôn giáo và chính trị, những thứ thường chia rẽ con người và khiến nhiều quốc gia gây chiến với nhau.

Hội thảo hóa học năm 1860 diễn ra trong 3 ngày ở Karlsruhe, Đức. Nhiều nhà hóa học trẻ hàng đầu từ khắp châu Âu đã đến đó, trong đó có ba người sẽ lèo lái hóa học cho đến hết thế kỷ. Mục đích của hội thảo được nhà hóa học người Đức, August Kekulé (1829–1896) vạch ra. Ông muốn các nhà hóa học từ nhiều quốc gia khác nhau đạt được sự đồng thuận về những từ ngữ họ nên dùng để định nghĩa những chất họ sử dụng, và bản chất của nguyên tử và phân tử. Một nhà hóa học người Sicily và có tính

cách sôi nổi, Stanislao Cannizzaro (1826–1910), đã tranh luận về các vấn đề này từ trước đó, và ông vui vẻ tham dự hội thảo. Một nhà hóa học người Nga khác, là Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834–1907) đến từ Siberia, cũng tham dự. Các đại biểu thảo luận về kiến nghị của Kekulé trong ba ngày, và dù họ không đạt được một sự đồng thuận hoàn chỉnh nào, những hạt giống đã được gieo.

Ở buổi hội thảo, các bản sao của một bài báo do Cannizzaro công bố năm 1858 được chuyển đến nhiều đại biểu. Trong đó, ông bình duyệt lịch sử hóa học trong nửa đầu thế kỷ 19. Ông kêu gọi các nhà hóa học nhìn nhận nghiêm túc nghiên cứu của người đồng hương của ông, Avogadro, người đã phân biệt rõ ràng nguyên tử với phân tử. Cannizzaro cũng lập luận rằng việc xác định nguyên tử khối tương đối của mỗi nguyên tố là vấn đề sống còn của khoa học, và ông chỉ ra cách để thực hiện việc này.

Mendeleev thấu hiểu thông điệp đó. Ông mang nợ người mẹ vĩ đại của ông, người đã đưa ông, người con út trong mười bốn người con của bà, từ Siberia đến St Petersburg, để Mendeleev có thể học hóa học một cách bài bản. Giống nhiều nhà hóa học xuất chúng khác của thời kỳ đó, Mendeleev viết một cuốn sách giáo khoa, dựa trên những thí nghiệm của chính ông và những gì ông dạy sinh viên. Giống Cannizzaro, ông muốn đưa các nguyên tố đã được phát hiện vào trật tự. Các quy luật vốn đã được phát hiện: cái chúng ta gọi là nhóm “halogen”, ví dụ như clo, bromine, iodine, phản ứng theo những cách tương tự nhau. Chúng cũng có thể thế chỗ cho nhau trong các phản ứng hóa học. Một số kim loại, như đồng và bạc, cũng có những điểm tương đồng trong các phản ứng. Mendeleev bắt đầu liệt kê các nguyên tố theo thứ tự tăng dần về nguyên tử khối (ông vẫn đặt hydro có nguyên tử khối là 1). Ông công bố các ý tưởng của mình vào năm 1869.

Mendeleev không chỉ đơn giản tổng hợp ra một danh sách các nguyên tố sắp xếp theo nguyên tử khối. Ông đã tạo ra một bảng,

với hàng và cột. Bạn có thể đọc nó theo hàng ngang cũng như từ trên xuống hoặc từ dưới lên, và có thể nhận ra mối quan hệ giữa các nguyên tố có cùng tính chất hóa học. Ban đầu, bảng *tuần hoàn* của Mendeleev, cái tên mà ông dùng để gọi nó, vẫn còn thô sơ, và chẳng mấy nhà hóa học để ý đến nó. Khi ông bắt đầu điền vào các chi tiết, một điều thú vị xảy ra: dường như có một số nguyên tố bị khuyết ở chỗ này chỗ khác trong bảng, tức những chất mà bảng tuần hoàn của ông ngầm chỉ thị rằng chúng phải nằm ở đó, nhưng vẫn chưa được ai tìm ra. Trên thực tế, có hẳn một cột hoàn toàn trống trong bảng này, được dự đoán qua nguyên tử khối tương đối. Nhiều năm sau, cột này hóa ra bao gồm những khí không phản ứng, được gọi là khí "quý"§. Giống những quý tộc thuộc tầng lớp trên không giao thiệp với những người ở tầng lớp dưới, những khí này tránh xa các phản ứng hóa học. Những khí chính chỉ được tìm ra vào những năm 1890, và Mendeleev ban đầu không công nhận những phát hiện này. Ông nhanh chóng nhận ra rằng: với nguyên tử khối mà người ta chứng minh được rằng chúng đang sở hữu, heli, neon và argon thực ra đã được bảng tuần hoàn của ông dự đoán từ trước.

Vào những năm 1870 và 1880, các nhà hóa học tìm ra một vài nguyên tố nữa mà Mendeleev đã tiên đoán dựa trên cơ sở bảng tuần hoàn của ông. Trước đó, nhiều nhà hóa học bác bỏ những tiên đoán của ông, coi đó là những suy đoán điên rồ, khi ông dự đoán rằng những nguyên tố, mà sau này được tìm ra và đặt tên là beryllium và gallium, nhất định phải tồn tại. Khi những ô trống mà ông đã xác định được từ trước dần dần được lấp đầy, các nhà hóa học mới đánh giá cao sức mạnh của bảng tuần hoàn của Mendeleev. Nó dẫn lối họ đi tìm những nguyên tố mới trong tự nhiên. Nó cũng giải thích tính chất của từng nguyên tố và cách chúng phản ứng với các chất khác. Cái mà ban đầu chỉ là cố gắng của Mendeleev để hiểu được các nguyên tố đã đem đến một chìa khóa tuyệt vời giúp giải thích cách tự nhiên vận động. Ngày nay,

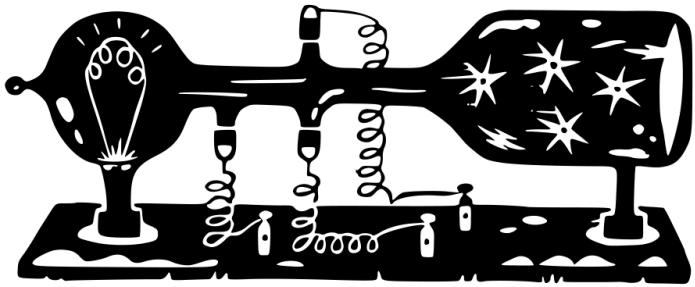
bảng tuần hoàn được treo trong các lớp học và các phòng thí nghiệm hóa học trên toàn thế giới.

Trong phần lớn thế kỷ 19, các nhà hóa học quan tâm đến thành phần hóa học: những nguyên tử và gốc nào cấu thành những hợp chất nhất định. Trí tuệ phía sau hội nghị hóa học quốc tế đầu tiên, August Kekulé, bắt đầu tìm hiểu sâu hơn. Ông khuyến khích các nhà khoa học hướng đến việc hiểu sâu về *cấu trúc* hóa học. Ngày nay, hóa học và sinh học phân tử dựa vào việc các nhà hóa học biết được các nguyên tử và phân tử được sắp xếp ra sao trong một chất: vị trí của chúng và hình dạng chúng tạo thành. Người ta sẽ không thể tìm ra những thuốc mới nếu không có những kiến thức này, và Kekulé là người tiên phong. Ông kể về một giấc mơ mà trong đó ông nhìn thấy một chuỗi nguyên tử carbon cuộn quanh chính nó, giống như một con rắn cắn đuôi của chính nó. Giấc mơ này truyền ý tưởng cho một trong những khám phá vĩ đại nhất của ông, benzen, hợp chất của hydro và carbon, có cấu trúc dạng vòng khép kín. Các gốc hoặc nguyên tố có thể được bổ sung tại nhiều điểm khác nhau của vòng, và đây là một bước tiến quan trọng của hóa học hữu cơ.

Mơ mộng là một chuyện. Làm phần việc cực nhọc là một chuyện khác. Kekulé dành nhiều giờ trong phòng thí nghiệm, làm thí nghiệm. Ông giải thích bản chất của hóa học hữu cơ, tức hóa học của các hợp chất carbon, và dạy cho cả giới hóa học cách phân loại chúng theo các nhóm tự nhiên. Ông bị thu hút bởi tính linh hoạt của carbon khi liên kết với các chất khác. Khí metan, vốn được sử dụng rộng rãi để tạo ra nhiệt và ánh sáng khi ấy, là CH_4 gồm một nguyên tử carbon liên kết với bốn nguyên tử hydro. Hai nguyên tử oxy có thể kết hợp với một nguyên tử carbon, tạo thành CO_2, carbon dioxide. Đặc tính ưu tiên liên kết ở mức nguyên tử này hoàn toàn không cứng nhắc và nó được chứng minh bằng thực tế là carbon và oxy có thể kết hợp ở dạng một nguyên tử đơn lẻ để tạo thành chất khí gây chết người CO, carbon monoxide.

Các nhà hóa học nghĩ ra một từ để chỉ những nguyên tắc liên kết này: *hóa trị*. Và người ta có thể suy ra hóa trị từ vị trí của mỗi nguyên tố trong bảng tuần hoàn của Mendeleev. Họ phỏng đoán lý do tại sao lại có thể làm như vậy. Những hiểu biết thật sự về vấn đề này chỉ đến cùng với khám phá của các nhà vật lý học về cấu trúc bên trong của nguyên tử và của electron. Electron liên kết nguyên tử của các nhà hóa học với nguyên tử mà các nhà vật lý học đang nghiên cứu vào thời đó, và chương tiếp theo sẽ kể câu chuyện này.

← Ở Việt Nam thường được gọi là "khí trơ" trong các giáo trình Hóa học.



Chương 30

Vào trong nguyên tử

Các nhà hóa học thích nguyên tử. Nó là thứ tham gia vào phản ứng hóa học. Nó chiếm vị trí xác định trong các hợp chất. Nó có những tính chất mà người ta có thể xác định sơ bộ nhờ vị trí của nó trong bảng tuần hoàn. Mỗi nguyên tử có xu hướng có điện tích âm hoặc dương trong những mối liên hệ của nó với các nguyên tử khác, và có những kiểu liên kết gọi là hóa trị. Các nhà hóa học cũng nhận thức được sự khác biệt giữa một nguyên tử đơn lẻ và nhóm nguyên tử tạo thành phân tử (tức các tập hợp của các nguyên tử liên kết với nhau). Họ nhận ra rằng trong khi đa số nguyên tử vui vẻ tồn tại ở dạng những nguyên tử đơn lẻ, một số nguyên tử, ví dụ hydro và oxy, tồn tại trong tự nhiên ở dạng phân tử (H_2 và 0_2). Các nguyên tử khối tương đối, với nguyên tử khối của hydro bằng 1, cũng được đo với độ chính xác ngày càng cao.

Tuy nhiên, không một phần nào trong những kiến thức trên cho các nhà hóa học manh mối về những cấu trúc tinh vi hơn của nguyên tử. Họ đã biết mình có thể thao túng những nguyên tử trong phòng thí nghiệm, nhưng không thể nói gì nhiều về bản chất của những đơn vị vật chất này.

Trong phần lớn thế kỷ 19, các nhà vật lý học quan tâm đến những thứ khác: năng lượng được bảo toàn như thế nào, điện và

từ có thể được đo bằng cách nào, bản chất của nhiệt, và tại sao các chất khí lại hoạt động theo cách chúng vẫn hoạt động. Lý thuyết về khí của các nhà vật lý học, gọi là thuyết động học chất khí, cũng bao gồm tư duy về các nguyên tử và phân tử. Nhưng các nhà vật lý học, giống các nhà hóa học, đồng ý rằng mặc dù thuyết nguyên tử cực kì hữu ích trong việc giải thích những gì họ tìm thấy và đo được, người ta vẫn khó hiểu được bản chất thật sự của nguyên tử.

Dấu hiệu đầu tiên cho thấy các nguyên tử không đơn thuần là đơn vị vật chất nhỏ nhất xuất hiện cùng với một khám phá quan trọng: một trong những thành phần của nó, hạt *electron,* được tìm thấy. Các thí nghiệm trước đó đã chứng minh rằng các nguyên tử có thể mang điện tích, vì các dòng điện trong một dung dịch luôn thu hút một số nguyên tử về cực dương và các nguyên tử khác về cực âm. Các nhà vật lý học không dám chắc đặc tính điện của các nguyên tử có đóng vai trò nào trong các phản ứng hóa học không. Nhưng họ đã đo điện tích của chúng và phát hiện ra các điện tích ấy đều có một đơn vị xác định. Những đơn vị này được đặt tên "electron" vào năm 1894, ngay sau khi J.J. Thomson (1856–1940) ở Cambridge bắt đầu sử dụng các ống cathode trong các nghiên cứu bằng thí nghiệm của ông.

Ống cathode là một dụng cụ khá đơn giản. Thật đáng ngạc nhiên khi một thứ đơn giản như thế lại có thể bắt đầu cho chúng ta biết được về cấu trúc nền tảng quan trọng của nguyên tử và Vũ Trụ. Bên trong ống này là một khoảng chân không không hoàn toàn được tạo ra bằng cách hút phần lớn không khí ra ngoài, và các điện cực được gắn vào mỗi đầu của ống. Khi một dòng điện được truyền qua ống, nhiều hiện tượng thú vị xảy ra, bao gồm cả việc sản sinh ra các tia (bức xạ). Bức xạ là những dòng năng lượng hoặc dòng các hạt cơ bản, và những bức xạ sinh ra trong ống cathode phần lớn gồm các hạt mang điện tích và di chuyển cực nhanh. Thomson và các cộng sự của ông ở phòng thí nghiệm

Cavendish bắt đầu đo điện tích và khối lượng của một số bức xạ này. Họ cố gắng xác định xem hai lượng này có liên quan tới nhau như thế nào. Năm 1897, Thomson đưa ra giả thuyết rằng những tia này là các dòng chuyển động của các hạt mang điện tích hạ nguyên tử: những phần nhỏ của nguyên tử. Ông ước tính rằng chúng chỉ nặng bằng một phần rất nhỏ của nguyên tử nhẹ nhất, nguyên tử hydro. Các nhà vật lý học mất vài năm để đồng thuận rằng Thomson quả thực đã tìm ra electron, và rằng thứ mà ông và các đồng nghiệp vẫn đo bấy lâu nay chính là đơn vị của điện tích.

Như vậy, nguyên tử có electron. Chúng còn có gì khác nữa? Câu trả lời dần dần đến, từ những kết quả của nhiều thí nghiệm khác nữa trên ống cathode. Vùng chân không trong ống trở nên tốt hơn, và những dòng điện mạnh hơn có thể truyền qua ống. Một trong số những người khai thác những tiến bộ kỹ thuật này từng là học trò và cộng sự của Thomson, và sau này trở thành người kế thừa ông ở phòng thí nghiệm Cavendish tại Cambridge, Ernest Rutherford (1873–1937), người New Zealand. Vào cuối những năm 1890, Rutherford và Thomson xác định được hai loại tia khác nhau sinh ra từ uranium, một nguyên tố đã đạt được vị trí cực kì quan trọng đối với các nhà vật lý học.

Một trong hai tia từ uranium có thể được bẻ cong trong một từ trường; tia còn lại thì không. Không biết chúng thực sự là gì, Rutherford đã gọi chúng đơn giản là tia “alpha” và tia “beta”, chỉ là “α” và “β” trong tiếng Hy Lạp. Hai tên đó vẫn được dùng cho đến nay. Rutherford tiếp tục thí nghiệm với cả hai tia kì lạ này trong hàng thập kỉ. Thì ra, không chỉ uranium mà cả một nhóm nhiều nguyên tố khác cũng phát ra những tia này. Những nguyên tố này khiến người ta cực kì phấn khích trong những năm đầu của thế kỷ 20, và ngày nay chúng vẫn rất quan trọng. Chúng là những nguyên tố “phóng xạ”, trong đó uranium, radium, và thorium xuất hiện thường xuyên nhất. Khi các nhà khoa học bắt đầu nghiên cứu tìm hiểu những đặc tính của chúng, họ biết được những kiến thức tối

quan trọng về cấu trúc nguyên tử.

"Tia" alpha là nền tảng quan trọng. (Nó còn được gọi là "hạt" alpha – ranh giới phân biệt đôi khi mờ đi trong thế giới cực nhỏ và cực nhanh của vật lý học nguyên tử.) Rutherford và những cộng sự của ông hướng những hạt này vào những tấm kim loại rất mỏng, và đo những gì xảy ra. Bình thường, các hạt xuyên qua các tấm kim loại. Nhưng đôi khi, chúng bật ngược lại. Hãy tưởng tượng Rutherford đã ngạc nhiên thế nào khi ông xem xét hiện tượng đã xảy ra. Nó giống như thể ông bắn một quả đạn đại bác cực nặng vào một tờ giấy và phát hiện ra quả đạn bật ngược trở lại mình. Thí nghiệm này có nghĩa là hạt alpha đã gặp phải một phần rất đặc của những nguyên tử cấu thành tấm kim loại. Vùng đặc này là *hạt nhân* của nguyên tử. Những thí nghiệm của ông cho thấy phần lớn nguyên tử là khoảng trống, và điều này là lý do tại sao phần lớn các hạt alpha xuyên thẳng qua nguyên tử. Chỉ khi chúng va chạm với phần vật chất mật độ cực cao ở hạt nhân trung tâm, chúng mới bật ngược trở lại. Nghiên cứu thêm cho thấy hạt nhân mang điện tích dương. Các nhà vật lý học bắt đầu có giả thuyết rằng điện tích dương của hạt nhân cân bằng với điện tích âm của electron, và các electron liên tục chuyển động theo vòng tròn trong khoảng gần như trống không bao quanh hạt nhân.

Ngày nay, người ta coi Rutherford là người sáng lập ra ngành vật lý hạt nhân. Năm 1908, ông được trao giải Nobel Hóa học cho những khám phá của mình. Các giải thưởng này được đặt tên theo tên người Thụy Điển sáng lập ra chúng. Chúng trở thành vinh dự cao nhất trong khoa học kể từ khi ra đời năm 1901, và giành được một giải Nobel vẫn là mục tiêu của nhiều nhà khoa học tham vọng. Rutherford rất giỏi tìm ra những sinh viên và cộng sự xuất chúng, và một vài người trong số đó cũng giành giải Nobel.

Niels Bohr (1885–1962) đến từ Đan Mạch cũng là một người như vậy. Ông dựa trên ý tưởng của Rutherford rằng khối lượng

của nguyên tử gần như tập trung toàn bộ trong hạt nhân nhỏ bé của nó, và áp dụng một công cụ mới gây nhiều phấn khích gọi là vật lý học "lượng tử" để phát triển thứ được gọi là "nguyên tử Bohr" vào năm 1913. Đây là một mô hình minh họa những gì diễn ra bên trong một nguyên tử, sử dụng những thông tin tốt nhất mà các nhà khoa học có được vào thời điểm đó. Mô hình này cho rằng một nguyên tử có cấu trúc giống như hệ Mặt Trời của chúng ta, với Mặt Trời/hạt nhân nằm ở trung tâm và các hành tinh/electron quay quanh Mặt Trời/hạt nhân theo các quỹ đạo của chúng. Trong mô hình của Bohr, khối lượng của hạt nhân mang điện tích dương cũng là khối lượng của nguyên tử, và do đó quyết định vị trí của nó trong bảng tuần hoàn. Hạt nhân được tạo thành từ các *proton* mang điện tích dương. Nguyên tử càng nặng thì có càng nhiều proton trong hạt nhân của nó. Số lượng proton phải bằng số lượng electron để toàn bộ nguyên tử trung hòa về điện. Các electron quay quanh hạt nhân theo những quỹ đạo khác nhau và đây là chỗ mà "lượng tử" thể hiện vai trò của nó. Một trong những phần xuất sắc của gói tổng thể các ý tưởng mà các nhà khoa học gọi là "vật lý học lượng tử" là ý tưởng cho rằng mọi thứ trong tự nhiên đều tồn tại ở dạng các gói đơn lẻ, có lượng xác định (các "lượng tử"). (Câu chuyện về lượng tử xuất hiện ở Chương 32.) Những thứ đó có thể là khối lượng, năng lượng, hay bất cứ thứ gì bạn quan tâm. Trong mô hình của Bohr, các electron chuyển động theo những quỹ đạo ứng với những trạng thái lượng tử khác nhau và độc lập. Những electron ở gần hạt nhân bị hạt nhân hút mạnh hơn. Những electron ở xa hạt nhân ít bị hạt nhân níu giữ hơn và chính những electron này mới có thể tham gia vào các phản ứng hóa học hoặc tạo ra điện hoặc từ.

Nếu tất cả những thứ này có vẻ hơi khó hiểu, thì, ờ, đúng là nó khó hiểu. Bohr biết điều này. Nhưng ông cũng biết rằng mô hình Bohr của ông sẽ cho phép các nhà vật lý học và hóa học giao tiếp bằng cùng một ngôn ngữ. Nó được hình thành trên nền tảng là các

thí nghiệm của các nhà vật lý học, nhưng cũng tiến xa trong việc giải thích những gì các nhà hóa học quan sát được trong phòng thí nghiệm của họ. Đặc biệt, nó giúp người ta giải thích được tại sao các nguyên tố trong bảng tuần hoàn lại hoạt động theo cách chúng vẫn làm, với những quy luật liên kết, hay hóa trị, khác nhau. Một số nguyên tố chỉ liên kết với một nguyên tố khác ở dạng một nguyên tử đơn vị nguyên tử của chúng chỉ có một electron "tự do". Các nguyên tố khác tuân theo các quy luật khác do số lượng electron "tự do" khác trong mỗi nguyên tử của chúng. Mô hình nguyên tử của Bohr đã trở thành một trong những biểu tượng hiện đại của khoa học, mặc dù ngày nay chúng ta đã biết rằng nguyên tử phức tạp hơn những gì Bohr đã nghĩ rất nhiều.

Từ đó nảy ra đủ loại câu hỏi. Thứ nhất, làm sao các proton mang điện tích dương có thể cùng tồn tại trong không gian chật chội của hạt nhân nguyên tử? Với những hạt mang điện tích, những hạt cùng dấu sẽ đẩy nhau, và những hạt trái dấu sẽ hút nhau (hãy nghĩ đến hai cục nam châm). Vậy tại sao các proton không đẩy nhau ra, và tại sao các electron không bị hút vào hạt nhân? Thứ hai, nguyên tử nhẹ nhất mà chúng ta biết là nguyên tử hydro, vậy hãy giả thuyết rằng nguyên tử hydro, với nguyên tử khối là 1, có duy nhất một proton và một electron rất nhẹ, tức gần như không có khối lượng. Điều này có nghĩa: sẽ là hợp lý nếu người ta giả thuyết rằng proton có nguyên tử khối là 1.

Vậy tại sao nguyên tử khối của các nguyên tử trong bảng tuần hoàn không đơn giản tăng dần lên theo một trình tự đẹp và ổn định: 1, 2, 3, 4, 5 và cứ thế?

Câu trả lời cho câu hỏi đầu tiên phải đợi cho đến khi cơ học lượng tử được phát triển xa hơn. Câu hỏi thứ hai, về những bước nhảy trong chuỗi nguyên tử khối, được một đồng nghiệp của Rutherford ở Cambridge, James Chadwick (1891–1974) giải quyết sớm hơn nhiều. Năm 1932, Chadwick tuyên bố kết quả của các thí

nghiệm bắn phá của ông. Từ sau Rutherford, phương pháp này đã trở thành một công cụ thiết yếu của những nhà vật lý học nghiên cứu cấu trúc của nguyên tử. Chadwick đã bắn những tia alpha vào kim loại ưa thích của ông, beryllium. Ông phát hiện ra rằng beryllium đôi khi phóng ra những hạt có nguyên tử khối bằng 1, và không mang điện tích. Ông sử dụng tên của Rutherford để đặt cho hạt này, *neutron,* nhưng không lâu sau người ta đã chứng minh rằng nó không đơn thuần là một proton và electron kết hợp với nhau như Rutherford đã nghĩ, mà là một hạt cơ bản của tự nhiên. Neutron chính là mắt xích còn thiếu đối với các nhà vật lý học, giúp giải thích được những nguyên tử khối và vị trí khó hiểu trong bảng tuần hoàn hóa học. Phép biểu diễn các nguyên tố của Trái Đất mà Mendeleev đã nghĩ ra vẫn tiếp tục chứng minh được giá trị của nó trong việc biểu thị những vật chất cơ bản trên hành tinh này. Neutron của Chadwick cũng dẫn đến việc khám phá ra đồng vị hóa học. Đôi khi, các nguyên tử của cùng một nguyên tố có nguyên tử khối khác nhau, nếu chúng có số lượng neutron, tức những hạt trung hòa về điện trong hạt nhân của nguyên tử, khác nhau. Vì thế, đồng vị hóa học là những nguyên tử của cùng một nguyên tố nhưng có nguyên tử khối khác nhau. Ngay cả nguyên tử hydro đôi khi cũng có nguyên tử khối là 2 thay vì 1, khi nó có một neutron bên cạnh proton duy nhất của nó. Chadwick được trao giải Nobel cho việc khám phá ra các neutron và những gì chúng có thể làm được, chỉ ba năm sau khi ông khám phá ra chúng.

Neutron là một công cụ rất mạnh để bắn phá hạt nhân của những nguyên tử khác. Không mang điện tích dương hay âm, theo lẽ tự nhiên, nó không bị hạt nhân nguyên tử chứa đầy điện tích dương, với những proton lèn chặt trong đó, đẩy ngược lại. Chadwick nhận ra điều này, và nhận thấy rằng nếu bạn muốn bắn vỡ nguyên tử, bạn cần một cỗ máy có thể gia tốc chúng đến tốc độ và năng lượng cao; một *cyclotron* hoặc *synchrotron.* Những cỗ máy này sử dụng từ trường cực mạnh để gia tốc các nguyên tử và các

hạt của chúng đến tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng. Để làm loại nghiên cứu này, Chadwick rời Cambridge đến Đại học Liverpool, vì ở đó ông được cấp kinh phí để xây dựng một máy cyclotron. Tại đây, ông thấy rằng việc bắn những hạt neutron tốc độ cao vào những nguyên tử nặng, ví dụ như uranium, có thể tạo ra năng lượng lớn khủng khiếp. Nếu những năng lượng ấy được kiểm soát để sử dụng, người ta có thể khởi đầu một phản ứng dây chuyền dẫn kết một kết quả có tính bước ngoặt: sự "phân hạch" nguyên tử, hiện tượng nguyên tử bị phân chia. Hai quả bom nguyên tử được chế tạo và sử dụng trong Thế chiến thứ hai là kết quả của nghiên cứu này, và Chadwick là người dẫn đầu nhóm người Anh trong dự án bom nguyên tử này.

Nhiều người cho rằng việc khám phá ra neutron của Chadwick đã giải quyết được các câu hỏi về cấu trúc của nguyên tử (những hạt cơ bản cấu thành Vũ Trụ). Nhưng họ đã nhầm. Còn rất nhiều điều ngạc nhiên nữa để khám phá. Tuy nhiên, ngay cả những hiểu biết cơ bản về electron, proton, và neutron cũng đã lôi kéo các nhà vật lý học tham gia nghiên cứu một số loại sóng và hạt, ví dụ như bức xạ alpha, beta, và gamma. Họ đã phải tìm hiểu những hiện tượng bí ẩn khác, như tia X hay khám phá rằng tự nhiên trao đổi bằng những gói siêu nhỏ, gọi là các lượng tử. Vật lý hạt nhân và vật lý lượng tử: đây là những lĩnh vực vật lý ở tầm tri thức cao nhất trong phần lớn thế kỷ 20.

Chương 31

Phóng xạ

Đã bao giờ bạn bị gãy xương, hay nuốt nhầm thứ gì đó chưa? Nếu vậy, có khả năng bạn đã được chụp X-quang để bác sĩ có thể nhìn bên trong cơ thể bạn mà không cần phải mở nó ra. Ngày nay, X-quang là một việc bình thường. Ở cuối thế kỷ 19, chúng là một hiện tượng gây chấn động. Tia X là loại bức xạ đầu tiên được con người kiểm soát và sử dụng, thậm chí trước cả lúc định nghĩa bức xạ được người ta hiểu thấu đáo. Phóng xạ và bom nguyên tử ra đời sau đó.

Ở Đức, tia X đôi khi còn được gọi là "tia Röntgen", theo tên của Wilhelm Röntgen (1845–1923). Ông không phải người đầu tiên chứng kiến sức mạnh của tia này, nhưng ông là người đầu tiên nhận thức được thứ ông đã nhìn thấy. Khoa học vẫn thường như vậy chỉ nhìn thấy thôi thì không bao giờ là đủ – bạn phải hiểu cái bạn đang nhìn.

Vào những năm 1890, Röntgen cùng nhiều nhà vật lý học khác (bạn có nhớ J.J. Thomson không?) đang nghiên cứu với những ống phát tia cathode (CRT). Ngày 8 tháng Mười một năm 1895, ông nhận thấy một tấm phim, cách ống phát tia cathode của ông một khoảng, đã phơi nhiễm bức xạ một cách bí ẩn. Nó được bọc kín bằng giấy đen, và vào thời đó các nhà khoa học cho rằng tia

cathode không thể tác động xa đến vậy. Ông dành sáu tuần tiếp theo để tìm hiểu chuyện gì đã xảy ra. Các nhà khoa học khác đã quan sát thấy hiện tượng y hệt nhưng họ đã không làm gì với nó cả. Röntgen phát hiện ra rằng, những tia mới này đi theo đường thẳng, và không bị ảnh hưởng bởi từ trường. Không giống ánh sáng ta nhìn thấy, chúng không thể bị phản xạ hay bẻ cong bởi thấu kính thủy tinh. Nhưng chúng có thể xuyên qua vật chất rắn, bao gồm cả bàn tay của vợ ông! Bà là người đầu tiên được chụp X-quang, nhẫn cưới của bà hiện rõ mồn một cùng với xương những ngón tay của bà. Không biết chính xác những tia này là gì, ông đơn giản gọi chúng là các "tia X". Sau sáu tuần làm việc chăm chỉ, ông thông báo cho toàn thế giới biết.

Tia X ngay lập tức trở thành một thành công lớn. Giá trị ứng dụng y học của nó ngay lập tức được nhận ra, trong việc chẩn đoán xương gãy hoặc định vị các viên đạn hoặc những thứ khác đáng ra không được len vào cơ thể con người. Rất ít thứ từng được công chúng đón nhận ngay lập tức như vậy. Những bộ đồ lót "chống tia X" nhanh chóng được bày bán. Các nhà vật lý học tranh luận về bản chất của tia X. Sau hơn một thập kỷ nghiên cứu nữa, tia X được chứng minh là một bức xạ có bước sóng ngắn và mức năng lượng cao một cách bất thường. Những người làm việc trong phòng thí nghiệm đã sớm nhận ra rằng tia X có thể gây thương tổn lên da thịt của con người, khiến các vết bỏng xuất hiện, nên người ta đã sử dụng tia X để cố gắng tiêu diệt các tế bào ung thư ngay từ năm 1896. Người ta mất một thời gian sau đó để nhận ra rằng nó nguy hiểm đến thế nào, và một vài nhà nghiên cứu đầu tiên đã qua đời do nhiễm độc bức xạ, hoặc do một chứng ung thư máu gọi là bệnh máu trắng. Tia X có thể *gây ra* ung thư lẫn chống lại ung thư.

Trong khi Röntgen nghiên cứu tia X, một hình thái khác của bức xạ, gọi là phóng xạ, được tìm ra, lần này ở Pháp. Henri Becquerel (1852–1908) khi đó đang nghiên cứu huỳnh quang, tức cách một số chất phát sáng mờ hoặc phát ra ánh sáng rõ ràng một cách tự

nhiên. Ông sử dụng một hợp chất của uranium mà sinh ra được ánh sáng như vậy. Khi ông phát hiện ra hợp chất này tác động lên một tấm phim, giống như tia X của Röntgen, ông cho rằng mình đã phát hiện ra một nguồn khác của loại bức xạ bí ẩn này. Nhưng vào năm 1896, Becquerel đã phát hiện ra rằng tia của ông không hoạt động giống tia Röntgen. Nó là một loại bức xạ khác, không tạo ra hiệu ứng rõ ràng và ấn tượng như tia X, có thể "nhìn" xuyên qua quần áo và da, nhưng nó vẫn đáng để nghiên cứu.

Ở Paris, thử thách này được cặp vợ chồng nhà vật lý học nổi tiếng, Pierre và Marie Curie (1859–1906; 1867–1934) đón nhận. Năm 1898, vợ chồng nhà Curie có được một tấn uraninit, một loại quặng thô trông như nhựa đường chứa uranium. Khi họ đang chiết uranium tương đối nguyên chất ra khỏi quặng uraninit, phóng xạ đã làm bỏng tay họ. Họ cũng tìm ra hai nguyên tố phóng xạ mới mà họ đặt tên là thorium và polonium, trong đó nguyên tố thứ hai được đặt tên theo nơi Marie Curie sinh ra, nước Ba Lan (Poland). Vì những nguyên tố này có tính chất giống uranium, các nhà khoa học khắp nơi trên thế giới thúc giục họ nghiên cứu để hiểu sâu hơn về những tia mạnh chúng phát ra. Đó là các tia beta (dòng electron); tia alpha (vào năm 1899 tia này đã được Rutherford chứng minh là dòng nguyên tử heli thiếu electron, và vì thế mang điện tích dương); và tia gamma (không mang điện tích, nhưng sau đó được chứng minh là một bức xạ điện từ giống tia X). Nhà Curie thật sự là những người hùng hết lòng cống hiến cho khoa học. Sau khi Pierre qua đời trong một vụ tai nạn giao thông, Marie tiếp tục nghiên cứu của cả hai người, dù bà có hai con nhỏ cần được chăm sóc.

Lời hứa cổ xưa của giả kim thuật, được nhìn thấy một nguyên tố này chuyển thành một nguyên tố khác, gần như trở thành hiện thực nhờ việc khám phá ra phóng xạ. Gần như, vì giấc mơ của các nhà giả kim thuật là biến chì hoặc những kim loại cơ bản khác thành vàng, còn điều mà phóng xạ làm được là biến uranium thành

chì, một kim loại quý biến thành một kim loại cơ bản! Nhưng vẫn là đáng kể. Tự nhiên có thể làm được những điều mà các nhà giả kim thuật chỉ mới mơ tới.

Giống tia X, phóng xạ có những giá trị ứng dụng quan trọng trong y học. Radium, một nguyên tố phóng xạ khác do Marie Curie tìm ra, đặc biệt quý giá. Tia phóng xạ của nó có thể tiêu diệt tế bào ung thư. Nhưng, giống tia X, phóng xạ cũng có thể gây ra ung thư nếu liều lượng quá cao. Nhiều nhà nghiên cứu đầu tiên, bao gồm cả Marie Curie, đã chết vì ảnh hưởng của phóng xạ, trước khi những hướng dẫn an toàn đúng chuẩn được xây dựng. Con gái của Marie Curie, Irene, được trao giải Nobel cho nghiên cứu trong cùng một lĩnh vực, và sớm qua đời vì bệnh ung thư máu, cũng là căn bệnh đã giết chết mẹ bà.

Uranium, thorium, polonium và radium là những chất phóng xạ tự nhiên. Điều này có nghĩa là gì? Những nguyên tố phóng xạ này được các nhà vật lý học gọi là nguyên tố "nặng". Hạt nhân của chúng bị nhồi quá chặt và điều này khiến nó không ổn định. Chính sự không ổn định này là cái mà chúng ta phát hiện được dưới dạng tia phóng xạ. Người ta gọi hoạt động phóng xạ này là "phân rã phóng xạ" vì khi hạt nhân mất đi các hạt của nó, nguyên tố phân rã theo nghĩa đen, và trở thành một nguyên tố khác và giữ một vị trí khác trong bảng tuần hoàn. Nghiên cứu tỉ mỉ sự phân rã này giúp tiếp tục công việc trám đầy những lỗ hổng kiến thức trên bảng tuần hoàn, một việc vô cùng quan trọng.

Nó cũng cung cấp một phương pháp quý giá để xác định niên đại của các sự kiện trong lịch sử Trái Đất, một quy trình tên là xác định niên đại bằng "đồng vị phóng xạ". Ernest Rutherford cũng là một người tiên phong trong bước tiến này, khi vào năm 1905, ông đề xuất rằng kỹ thuật này sẽ góp phần xác định tuổi của Trái Đất. Các nhà vật lý học tính toán thời gian để một nửa số nguyên tử của một nguyên tố phóng xạ tự nhiên (ví dụ uranium) phân rã

thành sản phẩm cuối cùng của chúng, một phiên bản khác của nguyên tố đó (trong ví dụ này, phiên bản khác đó là chì). Khoảng thời gian này được gọi là *chu kỳ bán rã* của nguyên tố. Chu kỳ bán rã của các nguyên tố rất đa dạng, có thể từ vài giây đến hàng triệu năm. Một khi biết được chu kỳ bán rã của một nguyên tố, các nhà khoa học có thể xác định niên đại của một sự kiện bằng cách nghiên cứu một hóa thạch hoặc một viên đá (bất cứ mẫu vật nào xuất hiện một cách tự nhiên) để xem còn lại bao nhiêu phần của nguyên tố ban đầu và bao nhiêu phần đã phân rã. Tỉ lệ giữa hai nguyên tố này sẽ cho họ biết tuổi của mẫu vật. Một dạng hiếm gặp của carbon là một chất phóng xạ tự nhiên và người ta có thể sử dụng chu kỳ bán rã của nó để xác định tuổi của các phần hóa thạch còn sót lại của những thực vật và động vật đã từng sống trên Trái Đất. Tất cả sinh vật đều nạp carbon vào cơ thể trong cuộc đời chúng. Khi chúng chết, hoạt động này dừng lại. Vì vậy, đo lượng carbon phóng xạ trong các mẫu hóa thạch cho người ta biết thời điểm chúng hình thành. Phương pháp xác định niên đại bằng đồng vị sử dụng cùng một nguyên lý đó để xác định tuổi của đá, cho chúng ta một khung thời gian lớn hơn nhiều. Kỹ thuật này đã thay đổi bộ môn nghiên cứu hóa thạch, vì chúng không còn đơn thuần là những mẫu vật già hay trẻ hơn so với nhau nữa – chúng ta đã biết được tuổi gần đúng của chúng.

Các nhà vật lý học nhanh chóng phát hiện ra những lượng năng lượng lớn tham gia vào quá trình phóng xạ. Những nguyên tố phóng xạ tự nhiên như uranium và dạng phóng xạ của những nguyên tố phổ biến hơn như carbon là rất hiếm. Nhưng khi bạn bắn phá các nguyên tử bằng các hạt alpha hay neutron, bạn có thể khiến nhiều nguyên tố phát ra năng lượng phóng xạ một cách nhân tạo. Điều này chứng minh có rất nhiều năng lượng bị dồn nén trong hạt nhân nguyên tử. Tìm cách tận dụng tiềm năng này đã là động lực của nhiều nhà vật lý học trong suốt một trăm năm qua.

Khi bạn bắn phá một nguyên tử và khiến nó bắn ra hạt alpha từ

hạt nhân của nó, bạn "phân tách" nguyên tử và biến nó thành một nguyên tố khác. Đây là sự *phân hạch* nguyên tử. Hạt nhân nguyên tử đã mất hai proton. Một phương pháp khác, *hợp hạch*§ nguyên tử, xảy ra khi một nguyên tử lấy thêm một hạt và chiếm một vị trí mới trên bảng tuần hoàn nguyên tố. Cả phản ứng phân hạch và hợp hạch đều giải phóng năng lượng. Khả năng tạo ra phản ứng hợp hạch được chứng minh vào những năm 1930 bởi các nhà vật lý học người Đức và Áo, trong đó có Lise Meitner (1878–1968). Sinh ra là một người Do Thái, Meitner đã cải sang Cơ Đốc giáo, nhưng bà vẫn phải chạy trốn khỏi nước Đức Quốc xã vào năm 1938. Bà thảo luận về phản ứng hợp hạch của hai nguyên tử hydro để tạo thành một nguyên tử heli, nguyên tố tiếp theo trong bảng tuần hoàn nguyên tố. Từ việc nghiên cứu Mặt Trời và các ngôi sao khác, người ta đã chứng minh được rằng phản ứng chuyển hydro thành heli là nguồn năng lượng chủ yếu của các vì sao. (Heli được phát hiện trong Mặt Trời trước khi nó được tìm thấy trên Trái Đất: những nguyên tử của nó phát ra những bức xạ có bước sóng đặc trưng khi người ta kiểm tra chúng với một dụng cụ gọi là kính quang phổ.) Phản ứng này cần đến nhiệt độ cực cao, và vào những năm 1930 người ta không thể thực hiện nó trong phòng thí nghiệm. Nhưng về lý thuyết, bạn có thể chế tạo ra một quả bom hydro (một quả bom hợp hạch, hay bom nhiệt hạch) mà sẽ giải phóng ra một lượng năng lượng khổng lồ khi nó phát nổ.

Vào những năm 1930, phương án thay thế cho nó, bom nguyên tử hay bom phân hạch, là khả thi hơn. Khi những người theo chủ nghĩa Quốc xã tiếp tục gây hấn tại châu Âu, nguy cơ chiến tranh dường như càng lúc càng rõ ràng. Các nhà khoa học tại một số nước, bao gồm cả Đức, bí mật nghiên cứu để chuẩn bị thứ vũ khí hủy diệt như vậy. Nghiên cứu tối quan trọng trong trò khiêu vũ kinh rợn tiến tới chiến tranh toàn diện này là của nhà vật lý học người Ý, Enrico Fermi (1901–1954). Fermi và nhóm của ông đã chứng minh rằng bắn phá nguyên tử với các neutron "chậm" sẽ tạo

ra phản ứng phân hạch nguyên tử mà người ta mong muốn. Các neutron chậm được cho đi qua paraffin (hoặc một chất tương tự) trên đường đến nguyên tử đích. Ở tốc độ đã giảm đi này, chúng có khả năng lách vào hạt nhân nguyên tử cao hơn, khiến hạt nhân phân tách. Fermi rời khỏi Ý năm 1938 để chạy trốn chế độ phát-xít của nước này, chế độ ủng hộ những người theo chủ nghĩa Quốc xã. Ông đến Hoa Kỳ, như nhiều người trong số những nhà khoa học (và cả các tác gia, nghệ sĩ, và nhà tư duy) sáng tạo nhất của thời kỳ đó. Ngày nay chúng ta đôi lúc nhắc đến "chảy máu chất xám", có nghĩa là những "bộ não" xuất sắc nhất rời quê hương họ để đến các quốc gia khác vì những điều kiện làm việc tốt hơn: nhiều tiền bạc hơn, phòng thí nghiệm lớn hơn, cơ hội tốt hơn để sống cuộc đời mà họ mong ước. Vào cuối những năm 1930 và đầu những năm 1940, người ta chạy trốn bởi họ bị sa thải khỏi công việc của mình và lo sợ cho tính mạng của mình. Những người theo chủ nghĩa Quốc xã và phát-xít đã làm rất nhiều việc kinh khủng. Họ cũng đã thay đổi bộ mặt của khoa học, và Vương quốc Anh và Hoa Kỳ hưởng lợi nhiều nhất trong quá trình chảy máu chất xám bắt buộc này.

Ở Hoa Kỳ, nhiều người tị nạn tham gia vào dự án tối mật mang tên "Dự án Manhattan". Đây là một trong những dự án khoa học tốn kém nhất từng được thực hiện, nhưng đó là thời kỳ mà người ta càng lúc càng tuyệt vọng và sẵn sàng làm bất cứ điều gì. Vào cuối những năm 1930, những tiến bộ rõ rệt về kiến thức liên quan đến các nguyên tố phóng xạ đã thuyết phục các nhà vật lý học rằng họ có thể tạo ra một vụ nổ nguyên tử. Khó khăn nằm ở việc kiểm soát nó. Một số người cho rằng nó quá nguy hiểm: phản ứng dây chuyền xảy ra sau vụ nổ đơn giản sẽ làm cả hành tinh nổ tung. Khi các nước tuyên chiến vào năm 1939, các nhà vật lý học ở Vương quốc Anh và Hoa Kỳ tin rằng các nhà khoa học ở Đức và Nhật Bản sẽ tiếp tục nghiên cứu chế tạo một quả bom nguyên tử và phe Đồng minh cũng cần làm như vậy. Một số nhà khoa học

viết thư gửi Tổng thống Hoa Kỳ, Franklin Roosevelt, thúc giục ông cho phép một động thái đáp trả từ phe Đồng minh. Trong số những nhà khoa học đó có Albert Einstein, nhà khoa học nổi tiếng nhất thế giới và cũng là một người tị nạn đến từ nước Đức Quốc xã.

Roosevelt đồng ý. Tại những khu vực đặc biệt ở Tennesse, Chicago và New Mexico, rất nhiều những thành phần của bước đi định mệnh này được điều phối. Dự án Manhattan được triển khai tương tự các dự án quân sự. Các nhà khoa học ngừng công bố các khám phá của họ. Họ đặt giá trị cốt lõi của khoa học, tính mở và chia sẻ thông tin, sang một bên. Chiến tranh thay đổi các giá trị của con người. Bí mật thậm chí còn không được chia sẻ với nước Nga cộng sản, một đồng minh quan trọng của Hoa Kỳ và Liên hiệp Anh nhưng không được tin tưởng khi bàn về những quả bom tối mật kia. Đến năm 1945, nỗ lực chế tạo bom nguyên tử của Đức, Nhật, và Nga vẫn không có tiến triển đáng kể, ngay cả khi một trong những nhà khoa học của Hoa Kỳ đã bí mật cung cấp thông tin cho người Nga. Nhưng Dự án Manhattan đã tạo ra hai quả bom. Một quả sử dụng uranium, một quả khác sử dụng plutonium, một nguyên tố phóng xạ nhân tạo. Một quả bom thử nghiệm nhỏ hơn được cho phát nổ ở sa mạc Hoa Kỳ. Nó hoạt động tốt. Những quả bom đã sẵn sàng được sử dụng.

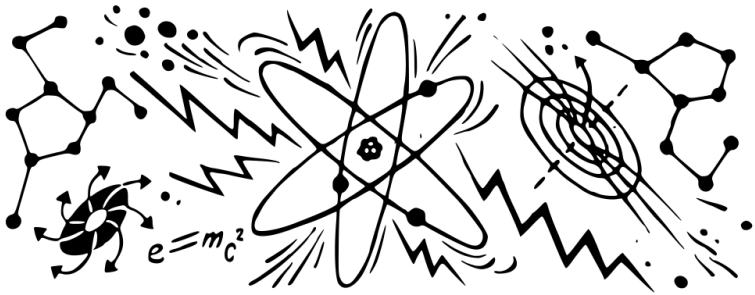
Nước Đức đầu hàng ngày 8 tháng Năm năm 1945, nên không có quả bom nào được thả ở châu Âu. Nhật Bản tiếp tục gây hấn ở Thái Bình Dương. Tổng thống mới của nước Mỹ, Harry Truman, hạ lệnh thả quả bom nguyên tử xuống thành phố Hiroshima của Nhật Bản vào ngày 6 tháng Tám năm 1945. Nó được kích nổ bằng cách bắn một mảnh uranium vào một mảnh khác. Nước Nhật vẫn không đầu hàng. Truman hạ lệnh cho thả quả bom plutonium xuống thành phố thứ hai ở Nhật Bản, Nagasaki, ba ngày sau quả bom thứ nhất. Hành động này cuối cùng đã kết thúc cuộc chiến. Hai quả bom đã giết chết khoảng 300.000 người, đa số là thường dân, và nước Nhật đã đầu hàng. Giờ đây, tất cả mọi người đã thấy được

sức mạnh kinh hoàng của năng lượng nguyên tử. Thế giới của chúng ta đã vĩnh viễn bị thay đổi. Nhiều người trong số những nhà khoa học đã làm ra thứ vũ khí hủy diệt hàng loạt này biết rằng thành tựu của họ đã kết thúc một cuộc chiến kinh khủng, nhưng họ cũng lo lắng về thứ họ đã tạo ra.

Sức mạnh khó tin của năng lượng nguyên tử tiếp tục giữ vị trí quan trọng trong thế giới của chúng ta. Những hiểm họa của nó cũng vậy. Sự hồ nghi giữa nước Nga và Hoa Kỳ tiếp tục sau Thế chiến thứ hai, leo thang thành "Chiến tranh Lạnh". Cả hai quốc gia tích lũy những kho tàng trữ vũ khí nguyên tử hoặc vũ khí hạt nhân cực lớn. May mắn thay, chúng chưa được sử dụng trong những phút giây nóng giận, và dù vũ khí hạt nhân dự trữ đã được giảm đi trong nhiều năm thông qua các hiệp ước, số lượng quốc gia có vũ khí hạt nhân lại tăng lên.

Kiến thức vật lý học thu được từ Dự án Manhattan cũng được sử dụng để tạo ra một phương pháp giải phóng năng lượng được kiểm soát tốt hơn. Năng lượng nguyên tử có thể sinh ra điện mà chỉ tạo ra một lượng khí nhà kính rất nhỏ so với lượng khí từ việc đốt than đá và các nhiên liệu hóa thạch khác. Ví dụ, nước Pháp sản xuất gần ba phần tư lượng điện của nó bằng năng lượng nguyên tử. Nhưng những hiểm họa từ những sự cố và nguy cơ khủng bố đã khiến nhiều người kinh sợ năng lượng nguyên tử, bất chấp các lợi ích từ nó. Hiếm có thứ nào trong thế giới khoa học và công nghệ hiện đại có thể minh họa sự pha trộn giữa chính trị và giá trị xã hội học câu hỏi: Chúng ta nên làm gì với kiến thức của mình về năng lượng hạt nhân?

← Nguyên văn: fusion. Một số người gọi phản ứng này là phản ứng nhiệt hạch, Người dịch chọn từ "hợp hạch" vì nó sát với từ "fusion" hơn.



Chương 32

Người thay đổi cuộc chơi

Einstein

Albert Einstein (1879–1955) nổi tiếng với mái tóc bạc xù và những lý thuyết của ông về vật chất, năng lượng, không gian và thời gian. Và phương trình $E = mc^2$. Những ý tưởng của ông có thể khó hiểu đến mức đáng sợ, nhưng chúng đã thay đổi cách chúng ta tư duy về Vũ Trụ. Ông đã từng được hỏi phòng thí nghiệm của ông trông ra sao. Như một câu trả lời, ông rất nhanh từ túi ra cây bút mực. Bởi, ông là một nhà tư duy, chứ không phải một người thực hành. Ông làm việc trên bàn giấy hoặc bảng phấn chứ không phải trên băng ghế phòng thí nghiệm.

Tuy nhiên, ông vẫn cần loại thông tin mà người ta có thể tìm thấy trong các thí nghiệm, và đặc biệt ông sẽ cần dựa vào nghiên cứu của nhà vật lý học người Đức Max Planck (1858–1947). Planck vừa là một nhà tư duy, vừa là một người làm thí nghiệm. Ông mới khoảng 40 tuổi khi có được khám phá khoa học quan trọng nhất của mình, tại Đại học Berlin. Vào những năm 1890, ông bắt đầu nghiên cứu bóng đèn, để xem ông có thể tạo ra loại bóng đèn cung cấp nhiều ánh sáng nhất và tiêu thụ ít điện năng nhất bằng cách nào. Trong những thí nghiệm của mình, ông sử dụng lý thuyết "vật đen", một vật thể giả định hấp thụ tất cả ánh sáng

chiếu lên nó, không phản xạ lại bất cứ ánh sáng nào. Hãy nghĩ xem bạn sẽ nóng đến thế nào nếu mặc một chiếc áo phông màu đen giữa trời nắng, và sẽ mát hơn bao nhiêu nếu bạn mặc một chiếc áo trắng: quần áo màu đen đã hấp thụ năng lượng từ ánh sáng Mặt Trời. Do đó, năng lượng trong ánh sáng cũng bị vật đen hấp thụ. Nhưng nó không thể tích trữ toàn bộ năng lượng này, vậy vật đen phát trả năng lượng như thế nào?

Planck biết rằng lượng năng lượng bị hấp thụ phụ thuộc vào bước sóng (liên quan đến tần số) riêng của ánh sáng. Ông đưa các kết quả phép đo năng lượng và bước sóng vô cùng cần trọng của mình vào phương trình toán học $E = hv$. Năng lượng (E) bằng tần số của bước sóng (v) nhân với một con số xác định (một hằng số h). Trong phương trình này, năng lượng phát ra mà Planck đo được luôn là một số nguyên, không phải một phân số. Điều này quan trọng ở chỗ, việc năng lượng là một số nguyên chứng tỏ năng lượng được truyền đến theo từng gói nhỏ riêng. Ông gọi mỗi gói nhỏ này là một "lượng tử", đơn giản nghĩa là một lượng. Ông công bố nghiên cứu của mình vào năm 1900, giới thiệu lý thuyết về lượng tử với thế kỷ mới. Kể từ ngày đó, vật lý học, và cách chúng ta hiểu về thế giới, không bao giờ còn giống như trước nữa. Hằng số (h) trên được đặt tên là "hằng số Planck" để thể hiện sự kính ngưỡng đối với ông. Phương trình của ông sẽ trở nên quan trọng tương đương phương trình nổi tiếng hơn của Einstein $E = mc^2$.

Một số nhà vật lý học cần một thời gian để hiểu được tầm quan trọng thật sự của các thí nghiệm của Planck. Einstein là người nhận ra ý nghĩa của nó ngay lập tức. Năm 1905, ông đang là nhân viên tại Văn phòng Bằng sáng chế Zurich, và nghiên cứu vật lý học vào thời gian rảnh rỗi. Năm đó, ông công bố ba bài báo khoa học làm nên tên tuổi ông. Bài báo đầu tiên, giúp ông giành giải Nobel năm 1921, đã đưa nghiên cứu của Planck lên một cấp độ mới. Einstein nghĩ nhiều hơn về bức xạ vật đen của Planck, và khai thác phương pháp lượng tử mà khi đó vẫn còn mới. Sau nhiều suy nghĩ,

bằng những tính toán xuất sắc, ông chứng minh được rằng ánh sáng đúng là được truyền đi theo dạng từng gói năng lượng nhỏ. Những gói này di chuyển độc lập với nhau mặc dù, cùng nhau, chúng tạo ra một sóng. Đây là một phát biểu gây bất ngờ, bởi các nhà vật lý học từ thời Thomas Young trước đó một thế kỷ đã phân tích ánh sáng, trong nhiều trường hợp thí nghiệm, như thể nó là một sóng liên tục. Nó hiển nhiên thường vận động như vậy, và giờ đây một nhân viên trẻ tuổi, chưa tên tuổi, làm việc trong một văn phòng cấp bằng sáng chế, nói rằng ánh sáng có thể là một hạt – một *photon* hay lượng tử ánh sáng.

Bài báo tiếp theo của Einstein từ năm 1905 cũng có tính cách mạng không kém. Đây là tài liệu mà trong đó ông giới thiệu Thuyết Tương đối hẹp của ông, lý thuyết chứng minh rằng mọi chuyển động đều chỉ tương đối, có nghĩa là, nó chỉ có thể được đo trong *mối tương quan* với một thứ gì đó khác. Nó là một học thuyết rất phức tạp, nhưng có thể được giải thích rất đơn giản nếu bạn sử dụng trí tưởng tượng của mình. (Einstein rất xuất sắc trong việc tư duy sâu về những dữ liệu đã biết và khám phá, trong tâm trí của ông, điều gì sẽ xảy ra nếu như…?) Hãy tưởng tượng một con tàu đang rời khỏi ga. Ở chính giữa một trong những toa tàu, có một bóng đèn đang chớp, lúc bật lúc tắt, cứ cách một khoảng thời gian chính xác tuyệt đối lại tạo ra một chớp sáng, và nó được phản chiếu bởi hai gương nằm hai đầu toa. Nếu bạn đang ở chính giữa toa, bạn sẽ thấy ánh sáng phản chiếu lại từ hai gương vào chính xác cùng một thời điểm. Nhưng một người đứng trên sân ga khi con tàu đi qua sẽ thấy các chớp sáng lần lượt xảy ra. Dù cả hai chớp sáng vẫn chạm vào gương cùng một thời điểm, con tàu đang di chuyển về phía trước, nên ở trên sân ga bạn sẽ nhìn thấy chớp sáng ở gương xa hơn (ở đầu toa) trước khi bạn nhìn thấy chớp sáng ở gương gần hơn (ở đuôi toa). Như vậy, dù tốc độ của ánh sáng không thay đổi, việc *khi nào* nó được nhìn thấy còn phụ thuộc vào, hoặc có thể nói là tương quan với, việc người quan sát nó

đang di chuyển hay đứng yên. Einstein lập luận (tất nhiên là với sự hỗ trợ của các phương trình phức tạp) rằng thời gian là một chiều cơ bản của hiện thực. Từ đây, các nhà vật lý học sẽ phải tư duy về không chỉ đơn thuần ba chiều không gian quen thuộc, chiều dài, chiều rộng và chiều cao, mà còn về cả thời gian.

Einstein chứng minh rằng tốc độ của ánh sáng không thay đổi, bất kể nó đang di chuyển ra xa hay về phía ta. (Tốc độ của âm thanh không như vậy, đó là lý do vì sao âm thanh một con tàu phát ra nghe khác đi tùy vào việc chúng ta nghe thấy nó khi tàu đang tiến gần hay ra xa chúng ta.) Như vậy tính tương đối trong Thuyết Tương đối hẹp này không áp dụng cho tốc độ không đổi của ánh sáng. Thay vào đó, tính tương đối xảy ra ở người quan sát và ở thực tế là người ta cần xét đến cả thời gian. Thời gian không tuyệt đối mà là tương đối. Nó thay đổi nhanh hơn khi chúng ta di chuyển, và đồng hồ đo thời gian cho chúng ta cũng vậy. Có một câu chuyện cũ về một phi hành gia đã di chuyển với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng rồi trở về Trái Đất và thấy thời gian đã trôi đi. Tất cả những người cô biết đã già và qua đời. Cô không già hơn là bao so với khi cô rời Trái Đất, nhưng đồng hồ của cô cũng chậm lại nên cô cũng không thể nhận ra mình đã đi khỏi Trái Đất bao lâu. (Đây chỉ là một thí nghiệm thực hiện trong suy nghĩ và chỉ có thể xảy ra trong truyện khoa học viễn tưởng.)

Như thể vậy là chưa đủ, phương trình nổi tiếng của Einstein $E = mc^2$ đưa khối lượng (m) và năng lượng (E) vào trong một mối quan hệ mới. Số (c) là vận tốc của ánh sáng. Thực tế, ông chứng minh rằng khối lượng và năng lượng là hai khía cạnh của vật chất. Vì vận tốc của ánh sáng là một con số cực lớn, và, khi được bình phương, trở nên thậm chí còn lớn hơn nhiều, điều này có nghĩa là chỉ một khối lượng rất nhỏ, nếu được chuyển hoàn toàn thành năng lượng, cũng tạo ra rất nhiều năng lượng. Ngay cả bom nguyên tử cũng chỉ chuyển hóa một phần nhỏ của khối lượng thành năng lượng. Nếu khối lượng trong cơ thể chúng ta được

chuyển hoàn toàn thành năng lượng, nó sẽ tạo ra sức mạnh của mười lăm quả bom hydro lớn. Tuy nhiên, đừng có thử thí nghiệm này.

Trong những năm tiếp theo, Einstein mở rộng tư duy của mình, và vào năm 1916, ông cho ra một mô hình tổng quát hơn về Vũ Trụ. Đó là Thuyết Tương đối rộng. Nó giới thiệu những ý tưởng của ông về mối liên hệ giữa lực hấp dẫn và gia tốc, và cấu trúc của không gian. Ông chứng minh rằng lực hấp dẫn và gia tốc thực ra tương đương nhau. Tưởng tượng bạn đang đứng trong một thang máy, và bạn thả một quả táo từ tay: nó sẽ rơi xuống sàn thang máy. Bây giờ, nếu bạn thả quả táo ở đúng thời điểm ai đó cắt dây cáp của thang máy, bạn sẽ rơi cùng với quả táo. Quả táo sẽ không thực sự chuyển động, trong tương quan với bạn, vì cả bạn và quả táo đang rơi cùng nhau. Vào bất cứ thời điểm nào, bạn có thể đơn giản vươn tay ra cầm lấy quả táo. Nó sẽ không bao giờ chạm sàn chừng nào thang máy (và bạn) tiếp tục rơi. Đây tất nhiên là những gì diễn ra trong không gian Vũ Trụ, nơi các phi hành gia và tàu không gian của họ về cơ bản ở trạng thái rơi tự do.

Thuyết Tương đối rộng của Einstein cho thấy rằng không gian, hoặc đúng hơn là không gian-thời gian, luôn cong. Thuyết này tiên đoán một vài điều khó hiểu mà các nhà vật lý học đã từng gặp khó khăn khi giải thích. Nó đề xuất rằng ánh sáng bị bẻ cong một chút khi đi qua gần một vật thể lớn. Lý do là ánh sáng (được tạo thành từ photon) có khối lượng, và vật thể lớn hơn kia sẽ tạo ra lực hấp dẫn lên khối lượng nhỏ hơn của ánh sáng. Các phép đo trong một lần nhật thực đã chứng minh rằng điều này thực sự xảy ra. Học thuyết của Einstein cũng giải thích những đặc điểm thú vị của quỹ đạo của Thủy Tinh quanh Mặt Trời, mà những định luật hấp dẫn đơn giản hơn của Newton không thể giải thích.

Einstein nghiên cứu những thứ rất nhỏ (những hạt photon tí hon của ánh sáng) và những thứ rất lớn (cả Vũ Trụ). Ông đưa ra

một cách mới rất thuyết phục để kết hợp chúng với nhau. Qua đó, ông đóng góp cho thuyết lượng tử đồng thời giới thiệu những ý tưởng của mình về tính tương đối. Những ý tưởng này, và những công thức toán học đằng sau chúng, góp phần định hình cách các nhà vật lý học tư duy về cả những thứ rất lớn lẫn những thứ rất nhỏ. Nhưng Einstein không đánh giá cao nhiều hướng mới mà vật lý học đang đi theo vào thời gian đó. Ông chưa bao giờ mất niềm tin rằng Vũ Trụ (với những nguyên tử, electron, và các hạt khác của nó) được gắn chặt với một hệ thống của nguyên nhân và hệ quả. Ông có câu nói nổi tiếng: "Thượng Đế không chơi trò xúc xắc." Ý ông là mọi sự vật đều xảy ra theo những quy luật đều đặn, có thể dự đoán được. Không phải tất cả mọi người đều đồng ý, và những nhà vật lý học kế thừa quan điểm lượng tử của Planck đã đi đến những kết luận khác.

Electron là đối tượng trung tâm trong nhiều nghiên cứu lượng tử khác ở thời kỳ đầu của ngành này. Chương 30 đã giải thích mô hình của Niels Bohr về nguyên tử lượng tử, năm 1913. Ông thể hiện các electron di chuyển theo các quỹ đạo cố định với năng lượng xác định quanh hạt nhân trung tâm. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm cố gắng giải thích các mối liên hệ này bằng toán học. Toán học bình thường không giải quyết được vấn đề. Để làm được điều này, các nhà vật lý học chuyển sang sử dụng toán ma trận. Trong toán học bình thường, 2×3 bằng 3×2. Trong toán ma trận, điều này không phải lúc nào cũng đúng, và những công cụ đặc biệt này đã cho phép nhà vật lý học người Áo, Erwin Schrödinger (1887–1961), phát triển những phương trình mới vào năm 1926. Những phương trình sóng của ông mô tả hoạt động của các electron trong các quỹ đạo vòng ngoài của nguyên tử. Đây là khởi đầu của cơ học lượng tử. Nó làm được cho những thứ siêu nhỏ những việc mà Newton đã làm cho những thứ siêu lớn. Giống nhiều nhà vật lý học khác đã thay đổi cách chúng ta tư duy về thế giới ở đầu thế kỷ 20, Schrödinger cũng đã chạy trốn khỏi những

người theo chủ nghĩa Quốc xã, và sống tại Dublin trong thời gian cuộc chiến diễn ra. Einstein, như chúng ta biết, đã đến Hoa Kỳ.

Phương trình sóng của Schrödinger lập ra trật tự nhất định cho bức tranh toàn cảnh. Sau đó Werner Heisenberg (1901–1976) nghĩ ra "nguyên lý bất định" vào năm 1927. Nguyên lý này một phần là triết học, một phần là thực nghiệm. Heisenberg nói rằng chính hoạt động thí nghiệm trên electron làm chúng thay đổi. Điều này tạo ra những giới hạn lên những gì chúng ta có thể biết. Chúng ta có thể biết động lượng của một electron (khối lượng nhân với tốc độ của nó), hoặc vị trí của nó, nhưng không thể cùng lúc biết chính xác cả hai. Đo đạc một trong hai thứ ảnh hưởng tới thứ còn lại. Einstein (cùng với những người khác) thất kinh trước ý tưởng này, và bắt đầu tìm cách chứng minh nguyên lý bất định của Heisenberg là sai. Ông không thể. Einstein công nhận thất bại. Cho đến nay, nguyên lý vẫn tồn tại vững vàng: đơn giản có những giới hạn cho hiểu biết của chúng ta về những thứ siêu nhỏ.

Electron cực kỳ quan trọng với Paul Dirac (1902–1984). Người đàn ông người Anh phức tạp này được công nhận gần như một Einstein thứ hai. Cuốn sách về cơ học lượng tử của ông dẫn lối cho bộ môn này trong ba thập kỷ. Những phương trình của riêng ông về các hoạt động lượng tử của nguyên tử và các hạt hạ nguyên tử vô cùng xuất sắc. Vấn đề nằm ở chỗ, những phương trình của ông cần đến một hạt kì lạ, một electron mang điện tích dương, mới có thể có nghĩa. Điều này giống như phát biểu rằng có cả vật chất lẫn phản vật chất. Toàn bộ ý tưởng về "phản vật chất" thật kì quặc, vì vật chất là những thứ chắc chắn, có cơ sở của Vũ Trụ. Chỉ trong vài năm, hành trình tìm kiếm một hạt như vậy đã thành công, và hạt *positron* đã được tìm thấy. Hạt sinh đôi với electron này có điện tích dương. Nó kết hợp với một electron, tạo ra một sự bùng nổ năng lượng rồi cả hai hạt biến mất. Vật chất và phản vật chất có thể tiêu diệt lẫn nhau trong khoảng thời gian còn ngắn hơn một cái chớp mắt.

Hạt positron cho các nhà vật lý học thấy rằng nguyên tử không chỉ được cấu thành từ proton, electron và neutron. Chúng ta sẽ cùng xem một số khám phá sâu sắc ở những phần tiếp theo, sau khi các nhà vật lý học đã tạo ra những năng lượng ngày càng cao để kiểm tra nguyên tử và các hạt của họ. “Kiểm tra” không hẳn là một từ chính xác trong trường hợp này. Khi làm việc với năng lượng lớn, các nhà vật lý học không thể thực sự nhìn trực tiếp điều gì đang diễn ra trong thí nghiệm của họ. Thay vào đó, thứ họ nhìn thấy là những điểm trên một màn hình máy tính, hoặc sự thay đổi về từ hoặc năng lượng của thiết lập thí nghiệm ban đầu. Nhưng bom nguyên tử, năng lượng nguyên tử, và ngay cả khả năng có tồn tại của tính toán lượng tử, là minh chứng cho sức mạnh và sự bí ẩn của tự nhiên – ngay cả khi chúng ta không thể thấy được.

Các gói, hay lượng tử, năng lượng của Max Planck và nhận thức của Einstein rằng khối lượng và năng lượng thực chất chỉ là hai khía cạnh của cùng một thứ: những khám phá này thay đổi vĩnh viễn cách người ta hiểu về Vũ Trụ. Khối lượng và năng lượng; sóng và hạt; thời gian và không gian: tự nhiên đã tự tiết lộ rằng nó là “cả … lẫn …”, chứ không phải là “hoặc … hoặc …” Và trong khi tất cả những thứ này giúp người ta giải thích cấu trúc của nguyên tử và sự ra đời của Vũ Trụ, nó cũng giúp bạn tìm đường về nhà vào ban đêm. Các vệ tinh ở quá xa bên trên Trái Đất đến mức bộ tìm đường vệ tinh (Satrav) phải dùng đến cả Thuyết Tương đối hẹp. Nếu không tính đến yếu tố này, bạn sẽ sớm đi lạc.

Chương 33

Các lục địa dịch chuyển

Động đất gây ra chết chóc và kinh hãi. Nó chết chóc bởi sự hủy diệt hàng loạt nó gây ra, gây kinh hãi vì mặt đất đáng ra không nên chuyển động dưới chân chúng ta. Thế nhưng, mặt đất thực sự vẫn chuyển động liên tục không ngừng, chỉ là người ta hầu như không thể nhìn và cảm thấy điều đó. Giống nhiều bộ môn khoa học khác, việc tìm hiểu về cấu trúc của Trái Đất liên quan đến đo đạc những phần không thể nhìn thấy, không thể cảm thấy, và thuyết phục người khác rằng bạn đúng. Các lục địa và đại dương *thật s*ự chuyển động dưới chân chúng ta.

Phần lịch sử Trái Đất mà chúng ta trải nghiệm được trong cuộc đời chỉ là một bản tường thuật vắn tắt tức thời, những khoảnh khắc ngắn ngủi nhất trong một quá trình cực kì dài. Các nhà địa chất học có những kỹ thuật khoa học, nhưng họ cũng phải sử dụng trí tưởng tượng, tư duy "vượt ra ngoài khuôn khổ". Tất cả các nhà khoa học giỏi đều thế, ngay cả khi họ làm việc trong phòng thí nghiệm, đối chiếu ý tưởng của họ với những bằng chứng họ có được.

Các nhà địa chất học thế kỷ 19 sử dụng các công cụ truyền thống: tìm kiếm hóa thạch, phân tích và phân loại đá, xem xét các tác động của động đất và núi lửa. Họ đan dệt tất cả những thứ này

thành một lịch sử hợp lý của Trái Đất. Nhiều điều họ tìm ra vẫn đúng cho đến ngày hôm nay. Nhưng có một số vấn đề luôn khiến họ phải suy nghĩ, và đòi hỏi một kiểu ý tưởng mới táo bạo. "Những người theo thuyết thảm họa" ngày trước đã trông cậy vào ý tưởng về những thế lực khác, hoặc thậm chí những can thiệp mầu nhiệm, chẳng hạn những trận lũ lụt như trận Đại Hồng Thủy được mô tả trong Kinh Thánh. Thay vào đó, hướng tập trung mới là vào thời gian – những khoảng thời gian cực dài mà chúng ta gọi là "thời gian sâu". Trái Đất như thế nào vào 200 triệu năm trước, hoặc thậm chí vào thời điểm cách hiện tại gấp 2 hoặc 3 lần số năm đó trở về trước?

Thời gian sâu có thể giúp người ta trả lời ba câu hỏi quan trọng như thế nào? Thứ nhất, tại sao các lục địa lớn lại trông như thể chúng có thể được cắt ra từ các đại dương và ghép lại với nhau, như những mảnh trong một trò chơi xếp hình khổng lồ? Bờ biển phía Đông của Nam Mỹ sẽ ghép khá vừa vặn với bờ biển phía Tây của châu Phi. Có phải đây chỉ là sự ngẫu nhiên?

Thứ hai, tại sao cấu trúc đá ở Nam Phi lại rất giống những cấu trúc tìm được ở Brazil, ở phía bên kia Đại Tây Dương? Tại sao chỉ trong một hòn đảo nhỏ như đảo Anh lại có những khác biệt địa chất quá lớn giữa vùng cao nguyên Scotland với những mỏm đá lởm chởm và các hồ, với vùng bằng phẳng Weald của Sussex ở phía Nam? Thực ra, có phải đảo Anh vẫn luôn tách biệt với châu Âu lục địa? Hay Alaska vẫn luôn tách biệt với châu Á?

Thứ ba, có những quy luật phân bố vị trí thực vật và động vật kì lạ. Tại sao một vài loài ốc sên được tìm thấy ở cả châu Âu và ở miền Đông lục địa Bắc Mỹ, nhưng không xuất hiện ở miền Tây, phía bên kia của châu Mỹ? Tại sao thú có túi ở Úc quá khác với những loài có túi ở nơi khác? Vào những năm 1850, Darwin và Wallace đã tiên phong tìm ra một vài câu trả lời, và thuyết tiến hóa đã góp phần giải thích rất nhiều vấn đề. Darwin thực hiện một số

thí nghiệm rất "bốc mùi": ông giữ những hạt giống trong các ống nước biển để nghiên cứu kéo dài hàng tháng trời. Ông muốn tạo ra cho những hạt giống điều kiện giống như trong một hành trình dài trên biển. Sau đó ông gieo chúng và xem chúng có thể nảy mầm và lớn lên không. Đôi khi chúng nảy mầm, và đó là một câu trả lời. Darwin cũng tìm thấy những cách để khám phá xem chim có thể vận chuyển hạt giống, côn trùng và các sinh vật khác đi những quãng đường rất dài không. Và chúng có thể, nhưng điều này không giải được hết các câu đố.

Một ý tưởng cấp tiến khác có thể giải thích được rất nhiều điều. Học thuyết này cho rằng các lục địa không phải luôn luôn ở vị trí mà chúng nằm ngày nay, nói cách khác, chúng đã từng liên kết với nhau bởi những dải đất, những "cầu đất". Nhiều nhà địa chất học từ cuối thế kỷ 19 cho rằng đã từng có các cầu đất ở một vài địa điểm. Có những bằng chứng đáng tin cậy chứng minh rằng đảo Anh từng nối liền với châu Âu. Điều này sẽ giải thích rất hợp lý vì sao người ta tìm thấy ở đảo Anh những xương hóa thạch của gấu, linh cẩu, và các động vật khác không xuất hiện ở đây vào thời hiện đại. Bắc Mỹ đã từng nối liền với châu Á qua eo biển Bering, và những loài động vật và thổ dân châu Mỹ chắc chắn đã vượt qua eo biển này. Khả năng những cầu đất nối liền châu Phi và Nam Mỹ có vẻ thấp hơn, nhưng nhà địa chất học xuất sắc người Áo Eduard Suess (1831 1914) đã cố gắng biện luận cho giả thuyết này trong công trình nghiên cứu đồ sộ gồm năm tập của ông (xuất bản từ năm 1883 đến 1909) về Trái Đất. Ông nói rằng hoạt động nâng lên và hạ xuống liên tục của các bề mặt của Trái Đất trong lịch sử địa chất khiến giả thuyết trên là có thể. Cái ngày nay là đáy biển đã từng nối liền hai lục địa.

Không phải tất cả mọi người đều cảm thấy bị thuyết phục, dù đó có là năm tập hay không. Rồi đến lượt một người Đức có tên Alfred Regener (1880–1930). Wegener cũng quan tâm đến lịch sử thời tiết và địa chất của Trái Đất không kém gì Suess. Năm 1912,

ông có bài giảng về giả thuyết những lục địa dịch chuyển của ông: giả thuyết này sau đó trở thành thuyết "trôi dạt lục địa". Bài giảng trở thành một cuốn sách vào năm 1915, và Wegener dành phần còn lại của cuộc đời đi tìm thêm bằng chứng. Ông mất trong khi đang làm việc, dẫn đầu một chuyến thám hiểm đến Greenland để tìm thêm manh mối chứng minh thuyết của mình. Giả thuyết cấp tiến của Wegener là, vào khoảng 200 triệu năm trước, chỉ có một lục địa lớn, Pangaea, được bao quanh bởi một đại dương mênh mông. Lục địa khổng lồ này dần dần vỡ ra, và những mảnh của nó, theo nghĩa đen, trôi nổi trên mặt đại dương, giống như những núi băng tách ra khỏi thềm băng và trôi nổi trên biển. Không giống các núi băng có thể tan chảy và dần biến mất, các mảnh của Pangaea trở thành những lục địa mới. Và việc này chưa kết thúc. Wegener cho rằng các mảng đất lớn này vẫn đang dịch chuyển, khoảng 10 mét mỗi năm. Con số ước tính này quá lớn – các phép đo cho thấy sự dịch chuyển có thể chỉ là một vài milimet mỗi năm. Nhưng bất cứ việc gì diễn ra trong một thời gian đủ dài đều có kết quả đáng kể.

Wegener có một vài người ủng hộ, chủ yếu là những người ở nước Đức quê hương của ông, nhưng đa số các nhà địa chất học cảm thấy ý tưởng của ông quá khó tin – quá giống truyện khoa học viễn tưởng. Sau đó, trong Thế chiến thứ hai, các tàu ngầm bắt đầu những cuộc thám hiểm đáy đại dương một cách nghiêm túc. Sau cuộc chiến, người ta tìm ra cả một vùng địa hình mới dưới nước, với những mỏm núi và thung lũng khổng lồ, và những núi lửa đã tắt (thậm chí cả núi lửa còn hoạt động). Harry Hess (1906–1969), một nhà địa chất học làm việc cho Hải quân Hoa Kỳ, đã lần theo dấu những mỏm núi và thung lũng dưới biển này và theo chúng đến vùng lục địa khô ráo đã được con người biết rõ hơn. Ông cũng lần theo những *đường nứt gãy,* tức những vùng của Trái Đất ở trên hoặc dưới mực nước biển mà động đất và núi lửa thường xảy ra. Hess khám phá ra rằng những mảng đất liền và đáy đại dương liền mạch, chúng kết nối với nhau. Đất liền không trôi nổi như

Wegener từng đề xuất. Vậy làm sao những mảng đất liền này có thể dịch chuyển?

Hess được cộng tác với các nhà vật lý học, khí tượng học (những người quan sát thời tiết), hải dương học (những người nghiên cứu biển), địa chấn học (các chuyên gia về động đất) và những nhà địa chất học truyền thống. Tất cả họ đều bắt đầu cố gắng điều tra lịch sử của Trái Đất, bằng cách sử dụng những công cụ của các ngành khoa học này. Điều này không dễ. Bên trong lòng Trái Đất nóng lên rất nhanh. Không sâu phía dưới bề mặt Trái Đất, tất cả các dụng cụ tan chảy. Vì thế, nhiều kiến thức mà chúng ta biết về thành phần và cấu trúc của phần bên trong của thế giới này phải được tìm thấy bằng những phương pháp gián tiếp. Khoa học thường như vậy.

Các núi lửa phun nham thạch nóng chảy từ lâu trước đó vẫn được hiểu là hiện tượng Trái Đất thải ra nhiệt lượng thừa đã tích tụ dưới bề mặt, và theo một khía cạnh nhất định, điều này đúng. Nhưng đó không phải là toàn bộ vấn đề. Việc khám phá ra những nguyên tố phóng xạ, ví dụ như uranium, giải phóng rất nhiều năng lượng một cách tự nhiên khi phân rã, đã bổ sung một nguồn nhiệt bên trong Trái Đất. Nhưng năng lượng phóng xạ là một nguồn sinh nhiệt vẫn đang hoạt động, và điều này có nghĩa là giả thuyết cũ, rằng Trái Đất đã từng là một quả cầu nóng bỏng nhưng giờ đây đang dần nguội lại, là quá đơn sơ.

Ít nhất, nó đã quá đơn sơ với nhà địa chất học Arthur Holmes (1890–1965). Ông phát biểu rằng Trái Đất thải phần lớn nhiệt lượng liên tục sinh bên trong bằng quá trình quen thuộc, đối lưu. Điểm quan trọng nằm ở việc Holmes nhận ra rằng sự vận động diễn ra không phải ở trên lớp vỏ cứng của Trái Đất nơi chúng ta sinh sống, mà trong lớp tiếp theo về phía lõi của Trái Đất. Lớp này được gọi là lớp phủ hay quyển manti, và Holmes tin rằng những viên nham thạch ở đó dần di chuyển lên trên, giống như nước

nóng trong bồn tắm của bạn. Khi di chuyển lên trên và ra khỏi khu vực nóng hơn, chúng nguội lại, và chìm xuống lần nữa, để rồi bị thay thế bởi nham thạch khác, trong một vòng lặp vô thời hạn. Chính một phần nham thạch này, trong khi dịch chuyển lên trên, đã trào ra khi núi lửa phun. Phần lớn nham thạch không bao giờ lên tới được bề mặt Trái Đất mà lại lan ra trong khi chúng nguội và chìm xuống, tạo ra một cơ chế làm dịch chuyển các lục địa ra xa nhau, từng milimet một.

Khi những vùng sâu thẳm của đại dương và đất liền được khám phá, một phương pháp mới để xác định tuổi của Trái Đất đã bổ sung cho "thời gian sâu" một ý nghĩa thực sự. Kỹ thuật xác định niên đại bằng đồng vị phóng xạ sinh ra từ việc các nhà vật lý học khám phá ra chất phóng xạ (Chương 31). Lúc này, nó cho phép các nhà khoa học xác định tuổi của những viên đá họ đang nghiên cứu bằng cách so sánh lượng nguyên tố phóng xạ với sản phẩm cuối của nó (ví dụ, uranium với chì) trong một mẫu đá. Sử dụng kỹ thuật này, người ta có thể biết những viên đá đã tồn tại bao lâu, bởi sau khi chúng được tạo ra, không có vật liệu mới nào được bổ sung vào chúng. Tiếp đó, việc biết tuổi của từng lớp đá riêng lẻ sẽ giúp ta hiểu Trái Đất đã già đến mức nào. Những viên đá có tuổi trên 4 tỉ năm đã được tìm thấy. Những viên đá cổ như vậy luôn nằm trên đất liền. Những viên ở lòng đại dương luôn mới hơn. Các đại dương không tồn tại lâu như các lục địa, và trên thực tế không ngừng chết đi rồi hồi sinh. Điều này đương nhiên diễn ra trong một khoảng thời gian rất dài, vì thế bạn đừng lo cho mùa hè tiếp theo ở bãi biển. (Mặt khác, hiện tượng nóng lên toàn cầu do con người gây ra có thể liên tục làm tan các chỏm băng ở hai cực và dẫn đến sự dâng cao nguy hiểm của mực nước biển trong những thập kỷ tới.)

Đá không chỉ giữ các nguyên tố phóng xạ trong quá trình chúng được tạo ra, mà còn giữ hướng lực từ của sắt hoặc của những vật liệu nhạy cảm về từ vốn nằm bên trong đá. Giống nguyên tố phóng

xạ, từ giúp các nhà khoa học nghiên cứu về Trái Đất tìm ra tuổi của đá. Cực từ của Trái Đất không ổn định trong suốt quãng thời gian dài Trái Đất tồn tại. Cực Bắc và cực Nam đã hoán đổi một vài lần, vì thế phương Bắc–Nam cũng có thể cung cấp những bằng chứng về thời gian viên đá được tạo ra. Các la bàn sẽ luôn chỉ về hướng Bắc trong suốt cuộc đời của chúng ta lẫn của con cháu chúng ta, nhưng mọi sự không phải lúc nào cũng như vậy, và sẽ không như vậy trong tương lai xa, nếu có thể dựa trên những gì xảy ra trong quá khứ.

Từ, đối lưu, địa hình dưới lòng biển sâu và phương pháp xác định niên đại bằng đồng vị phóng xạ đã hé lộ những manh mối quan trọng về tình trạng của Trái Đất cổ xưa. Cùng nhau, chúng đủ để thuyết phục các nhà khoa học Trái Đất rằng Wegener đã gần đúng. Đúng, vì sự dịch chuyển của lục địa thật sự đã xảy ra: các phương pháp đo cực nhạy bằng vệ tinh đã khẳng định sự dịch chuyển. Nhưng sự trôi dạt hoặc trôi nổi mà ông đề xuất là sai. Thay vào đó, John Wilson (1908–1993) và những người khác đã hoàn tất dòng tư duy táo bạo mà Wegener đã bắt đầu khi họ lập luận rằng phần trên của lớp quyển manti của Trái Đất được cấu thành bởi một loạt những mảng kiến tạo khổng lồ. Các mảng này khớp với nhau, bao phủ Trái Đất, vượt qua những đường giới hạn đất liền và biển. Nhưng chúng không khớp với nhau một cách hoàn hảo, và các đường nứt gãy xuất hiện ở chính những khớp nối này. Việc tìm hiểu những gì xảy ra khi một mảng kiến tạo cọ xát với một mảng kiến tạo khác, khi chúng chờm lên nhau hoặc va chạm, được gọi là môn *kiến tạo mảng.* Hãy nghĩ về ngọn núi cao nhất Trái Đất, ngọn Everest trong dãy Himalaya. Everest cao được như ngày nay bởi dãy Himalaya được hình thành do hai mảng kiến tạo bắt đầu va vào nhau vào khoảng 70 triệu năm trước. Không có một giải Nobel nào cho môn địa chất học, nhưng có lẽ nên có một giải như vậy. Thuyết kiến tạo mảng giải thích được rất nhiều vấn đề liên quan đến động đất và sóng thần, núi và đá, hóa thạch và

các động thực vật sống. Trái Đất của chúng ta là một nơi rất già, nhưng cũng rất đặc biệt.

Chương 34

Chúng ta thừa hưởng những gì?

Bạn giống ai nhất, mẹ hay bố? Hay có thể là ông hay cô của bạn? Nếu bạn chơi giỏi bóng đá, guitar, hay sáo, có người nào trong gia đình bạn cũng có những phẩm chất này không? Đó nhất thiết phải là người mà bạn có mối quan hệ huyết thống và từ họ bạn có thể thừa hưởng những tố chất này, chứ không phải là một người thân bạn có đến từ các cuộc hôn nhân, như mẹ kế hoặc cha dượng. Những người thân này có thể làm cho bạn những điều tuyệt vời, nhưng bạn không thể thừa hưởng bất cứ gien nào của họ.

Chúng ta giờ đây đã biết rằng những đặc điểm như màu mắt hoặc màu tóc được điều khiển và di truyền từ một thế hệ sang thế hệ tiếp theo qua các gien của chúng ta. *Di truyền học* là bộ môn nghiên cứu gien của chúng ta. *Sự di truyền* hoặc *sự thừa hưởng* là những từ chúng ta sử dụng để mô tả cách những thông tin trong gien được chuyển tiếp. Gien của chúng ta quyết định rất rất nhiều phần con người chúng ta. Vậy làm sao người ta nhận ra rằng những thứ nhỏ bé này lại quan trọng đến vậy?

Hãy cùng quay lại với Charles Darwin một lát (Chương 25). Sự di truyền là phần cốt lõi trong nghiên cứu của Darwin. Nó quyết định sự sống còn của những giả thuyết của ông về sự tiến hóa của muôn loài, ngay cả khi ông vẫn chưa khám phá ra sự di truyền

diễn ra bằng cách nào. Các nhà sinh học tiếp tục tranh luận về điều này sau khi cuốn sách của ông, *Nguồn gốc muôn loài,* được xuất bản năm 1859. Đặc biệt, họ quan tâm đến câu hỏi liệu di truyền "mềm" đôi khi có thể diễn ra hay không. Di truyền mềm là một ý tưởng gắn liền với một nhà tự nhiên học người Pháp, Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829), người cũng tin vào sự phát triển của muôn loài qua biến đổi tiến hóa. Hãy nghĩ về cổ dài của một con hươu cao cổ: Cái cổ đó đã tiến hóa theo thời gian như thế nào? Lamarck nói đó là vì những con hươu cao cổ liên tục rướn lên để với tới những chiếc lá trên những cây cao nhất, nên thay đổi nhỏ này sẽ được di truyền lên con cháu của chúng, từ thế hệ này sang thế hệ khác. Giả thuyết rằng có đủ thời gian và đủ hoạt động rướn, một động vật cổ ngắn cuối cùng sẽ trở thành một động vật cổ dài. Môi trường sẽ tương tác với sinh vật, định hình nó hoặc khiến nó thích nghi, và thay đổi đó sẽ được di truyền sang những thế hệ kế tiếp.

Cố gắng chứng minh sự di truyền mềm bằng phương pháp thí nghiệm là rất khó. Em họ của Darwin, Francis Galton (1822–1911), đã tiến hành một loạt những thí nghiệm kĩ càng, trong đó ông đưa máu của thỏ đen vào cơ thể thỏ trắng. Con của những con thỏ được truyền máu không có một biểu hiện nào của việc bị ảnh hưởng bởi máu truyền vào cơ thể cha mẹ chúng. Ông cắt đuôi của những con chuột ông thí nghiệm qua ròng rã các thế hệ của chúng, nhưng không thể tạo ra một giống chuột không đuôi. Việc cắt bao quy đầu cho các bé trai không tạo ra bất cứ ảnh hưởng nào lên những thế hệ bé trai tiếp theo.

Các lập luận ủng hộ và phản đối được người ta đưa ra một cách bừa bãi cho đến đầu thế kỷ 19. Khi đó hai khám phá đã thuyết phục được hầu hết các nhà sinh học rằng những đặc điểm mà thực vật hay động vật đơn thuần thu được trong cuộc đời chúng không hề di truyền sang con cái chúng. Đầu tiên là việc tái phát hiện nghiên cứu trên của một thầy tu từ Moravia (nay là một phần của

Cộng hòa Séc), Gregor Mendel (1822 1884). Vào những năm 1860, Mendel đã công bố (trong một tờ báo khoa học ít người đọc) kết quả những thí nghiệm ông thực hiện trong một khu vườn của tu viện. Ông đã trở nên hứng thú với hạt đậu, thậm chí trước khi Galton thí nghiệm cắt đuôi chuột. Mendel đặt câu hỏi về chuyện gì sẽ xảy ra khi các cây với một số đặc tính nhất định được "lai chéo" một cách cẩn thận (nghĩa là, các cây có những hạt đậu khác màu nhau được lại với nhau), để tạo ra thế hệ cây đậu tiếp theo. Cây đậu là một đối tượng phù hợp cho nghiên cứu bởi chúng sinh trưởng nhanh, nên người ta có thể nhanh chóng và dễ dàng chuyển từ thế hệ này sang thế hệ tiếp theo. Và bên trong từng quả đậu, chúng cũng có những điểm khác biệt rõ rệt – hạt đậu có màu vàng hoặc xanh lá cây, da nhăn hoặc trơn. Ông phát hiện ra rằng những tính trạng này được thừa hưởng với độ chính xác của toán học, nhưng theo những cách mà người ta dễ dàng bỏ qua. Nếu một cây có hạt đậu xanh lá (hạt giống của nó) được lai chéo với một cây sinh ra đậu vàng, tất cả các hạt đậu trong thế hệ thứ nhất có màu vàng. Nhưng khi ông lai chéo những cây trong thế hệ thứ nhất với nhau, thì trong thế hệ thứ hai, trung bình cứ 4 cây sẽ có 3 cây có đậu màu vàng, và 1 cây có đậu màu xanh lá. Tính trạng màu vàng đã thống trị trong thế hệ thứ nhất, nhưng trong thế hệ thứ hai, tính trạng "lặn" (màu xanh lá) lại biểu hiện. Những quy luật rõ ràng này có ý nghĩa gì? Mendel kết luận rằng sự di truyền có tính "gián đoạn", có nghĩa là thực vật và động vật kế thừa các tính trạng theo từng đơn vị riêng rẽ. Không phải những thay đổi từng chút một của di truyền mềm, cũng không phải trung bình cộng của những đặc điểm của bố mẹ, sự di truyền là một thứ gì đó rõ ràng và chắc chắn. Các hạt đậu có màu xanh lá cây hoặc màu vàng, chứ không phải sắc màu nào nằm ở khoảng giữa màu này trên dải màu.

Trong khi nghiên cứu của Mendel không được để ý, August Weismann (1834–1914), đưa ra một đòn công kích thứ hai có tính

quyết định vào thuyết di truyền mềm. Trong khi Mendel chủ yếu quan tâm đến đời sống tôn giáo của mình, Weismann lại là một nhà khoa học đầy quyết tâm. Là một nhà sinh học xuất sắc người Đức, ông đặc biệt tin rằng quan điểm tiến hóa của Darwin là chính xác. Nhưng ông có thể thấy rằng việc thiếu lý lẽ giải thích cho sự di truyền là một vấn đề cần được giải quyết. Ông biến niềm thích thú mà ông dành cho tế bào và sự phân bào thành giải pháp.

Một vài năm trước khi Mendel thí nghiệm với hạt đậu, Rudolf Virchow đã công bố những ý tưởng của ông về sự phân bào (Chương 26). Vào những năm 1880 và 1890, Weismann phát hiện ra rằng để tạo ra một tế bào trứng hay tế bào tinh trùng, các tế bào "mẹ" trong hệ cơ quan sinh sản phân chia theo cách khác với những tế bào còn lại trong cơ thể. Sự khác biệt này chính là chìa khóa của vấn đề. Trong quá trình được biết đến với cái tên "giảm phân", các nhiễm sắc thể tách ra và một nửa nguyên liệu của nhiễm sắc thể chuyển vào mỗi tế bào "con" được sinh ra. Trong tất cả các tế bào khác trong cơ thể, tế bào "con" và tế bào "mẹ" có cùng một lượng nguyên liệu nhiễm sắc thể. (Nếu bạn cảm thấy khó hiểu, hãy nhớ rằng tế bào "mẹ" chỉ là một tế bào bất kì đang tồn tại và nó phân đôi thành hai tế bào "con". Chúng nằm trên khắp cơ thể và không liên quan gì đến những bà mẹ và những đứa con ngoài đời thực.) Vì vậy, khi tế bào trứng và tinh trùng hợp nhất, hai nửa của nguyên liệu nhiễm sắc thể sẽ tạo thành một bộ nhiễm sắc thể hoàn chỉnh trong trứng đã được thụ tinh. Những tế bào sinh sản này khác với tất cả tế bào khác trong cơ thể. Weismann lập luận rằng tất cả những gì xảy ra với tế bào cơ, hay xương, hay mạch máu, hay thần kinh, đều không hề quan trọng: chỉ những tế bào sinh sản này mới chứa những thứ mà con cái của một cá nhân sẽ được thừa hưởng. Vì vậy, trong trường hợp của cổ hươu cao cổ, sự kéo dãn mà người ta giả thuyết sẽ không gây ra ảnh hưởng nào lên tế bào trứng và tinh trùng, và chính những tế bào này chứa cái mà ông gọi là "chất mầm nguyên sinh". Chính

chất mầm nguyên sinh trên nhiễm sắc thể của tế bào trứng và tinh trùng sẽ được con cái thừa hưởng, và ông gợi ý tưởng về di truyền này của mình là "tính liên tục của chất mầm nguyên sinh".

Năm 1900, không chỉ một mà ba nhà khoa học độc lập đã tìm lại những bản in của số báo khoa học có bài nghiên cứu của Mendel. Họ loan báo cho giới khoa học kết quả các thí nghiệm trên cây đậu của Mendel. Các nhà sinh học nhận ra rằng Mendel đã cung cấp những bằng chứng thực nghiệm tốt nhất cho giả thuyết về "tính liên tục của chất mầm nguyên sinh" của Weismann và rằng "thuyết Mendel", cái tên mà người ta nhanh chóng dùng để gọi tên học thuyết này, có một cơ sở khoa học hợp lý.

Cộng đồng khoa học nhanh chóng chia thành hai nhóm, nhóm những người theo thuyết Mendel và những nhà sinh trắc học. Nhóm những nhà sinh trắc học, dẫn đầu là chuyên gia về khoa học thống kê Karl Pearson (1857–1936), tin vào sự thừa hưởng "liên tục". Họ cho rằng những gì chúng ta thừa hưởng là trung bình cộng của tất cả các đặc điểm của bố mẹ. Họ thực hiện những nghiên cứu hiện trường quan trọng, đo đạc những điểm khác biệt rất nhỏ trên sinh vật biển và ốc sên. Họ chứng minh rằng những khác biệt nhỏ đó có thể đóng vai trò rất quan trọng trong việc quyết định bao nhiêu con của thế hệ sau sẽ sống sót – khái niệm này sau này được gọi là thành công sinh sản của loài. Những người theo thuyết Mendel được dẫn đầu bởi nhà sinh học từ Cambridge, William Bateson (1861–1926). Ông đã đặt ra thuật ngữ "di truyền học". Những người theo thuyết Mendel nhấn mạnh sự thừa kế những đặc tính rời rạc (riêng lẻ) mà vị tu sĩ đã minh chứng. Họ lập luận rằng các thay đối sinh học xuất hiện theo các bước nhảy, thay vì các thay đổi chậm và liên tục như giả thuyết của những nhà sinh trắc học. Cả hai nhóm đều công nhận *sự thật* về sự tiến hóa: họ chỉ tranh cãi nhau về cách nó diễn ra mà thôi.

Những tranh cãi này diễn ra dữ dội trong khoảng 20 năm. Sau

đó, vào những năm 1920, một số người chứng minh rằng mỗi nhóm đều cùng lúc đúng và sai. Họ chỉ đang nhìn vào hai mặt khác nhau của cùng một vấn đề. Nhiều đặc tính sinh học được thừa hưởng theo cách "hòa trộn" và "sinh trắc học". Một người cha cao và một người mẹ thấp sẽ sinh ra con có chiều cao là trung bình cộng hay có thể gọi là "hòa trộn" chiều cao của họ. Một số đứa trẻ có thể cao bằng bố (hoặc thậm chí cao hơn), nhưng chiều cao trung bình có xu hướng ở giữa chừng chiều cao của bố và mẹ. Các đặc tính khác, ví dụ như màu mắt, hoặc màu của hạt đậu, được thừa kế theo hướng hoặc/hoặc, chứ không phải cả/lẫn. Những điểm khác biệt giữa nhóm theo thuyết Mendel và nhóm những nhà sinh trắc học được giải quyết khi họ đo đạc toàn bộ số cá thể trong một loài, và áp dụng suy luận toán học vào vấn đề. Những nhà sinh học mới này, như J.B.S. Haldane (1892–1964), đánh giá cao sự xuất sắc của những phát hiện sâu sắc độc đáo của Darwin. Họ nhận ra rằng trong bất cứ quần thể nào cũng tồn tại những biến dị ngẫu nhiên có thể được di truyền. Nếu chúng mang lại lợi thế, những thực vật và động vật sở hữu chúng sẽ sống sót và những biến dị khác sẽ biến mất.

Làm thế nào chúng ta thừa hưởng được những đặc điểm chúng ta nhận được cũng là một vấn đề quan trọng không kém. Đây là phần tiếp theo của câu đố. Phần nhiều những nghiên cứu đầu tiên về vấn đề này đã được thực hiện trong phòng thí nghiệm của Thomas Hunt Morgan (1866–1945), tại Đại học Columbia ở Thành phố New York. Ông bắt đầu sự nghiệp với việc quan sát động vật bắt đầu sự sống và phát triển ở dạng phôi thai như thế nào. Ông chưa bao giờ hoàn toàn đánh mất mối quan tâm đối với phôi học, nhưng vào những năm 1900 ông chuyển sự chú ý sang bộ môn khoa học mới, di truyền học. Phòng thí nghiệm của Morgan không phải là một nơi bình thường. Được đặt biệt danh là "Phòng Ruồi", nó trở thành ngôi nhà của hàng nghìn thế hệ ruồi giấm thông thường *(Drosophila melanogaster)*. Ruồi giấm là một loài động vật

thuận tiện cho thí nghiệm. Những con ruồi này chỉ có 4 nhiễm sắc thể trong mỗi nhân của tế bào, và điều Morgan muốn tìm hiểu chính là vai trò của nhiễm sắc thể: nhiễm sắc thể đóng vai trò quan trọng thế nào trong việc truyền lại những đặc điểm có tính di truyền? Các nhiễm sắc thể của ruồi giấm lớn và dễ dàng quan sát dưới kính hiển vi, Ruồi giấm sinh sản cũng rất nhanh – cứ để một đĩa hoa quả ra đó và xem điều gì xảy ra. Người ta có thể nghiên cứu nhiều thế hệ ruồi giấm trong một khoảng thời gian ngắn, để xem điều gì xảy ra khi những con ruồi với những đặc điểm nhất định được lại với những con ruồi khác. Cứ tưởng tượng phải làm nghiên cứu này với những con voi và bạn sẽ hiểu tại sao họ đã chọn ruồi giấm.

Phòng ruồi của Morgan trở nên nổi tiếng, thu hút cả sinh viên lẫn các nhà khoa học khác. Nó là mô hình nguyên mẫu của phương pháp mà nhiều nghiên cứu khoa học ngày nay được thực hiện: một nhóm các nhà nghiên cứu làm việc dưới một "sếp", Morgan, người hỗ trợ họ xác định các vấn đề nghiên cứu. Sếp giám sát công việc của nhóm các nhà nghiên cứu trẻ, tức những người thực sự làm các thí nghiệm. Morgan động viên mọi người nói chuyện và làm việc cùng nhau, do đó rất khó để phân định chính xác ai đã làm công việc gì. (Khi Morgan được trao giải Nobel, ông chia sẻ tiền thưởng với hai cộng sự trẻ hơn của ông.)

Gần như do một sự tình cờ, Morgan đã đi đến một khám phá có tính quyết định. Ông phát hiện ra một con ruồi trong nhóm mới nở có mắt màu đỏ, thay vì màu trắng như thường lệ. Ông cách ly con ruồi này trước khi lại nó với những con ruồi mắt màu trắng bình thường khác. Khi ông quan sát những con ruồi con có mắt đỏ thế hệ sau, ông phát hiện ra rằng, thứ nhất, tất cả những con ruồi mắt đỏ đều là ruồi cái. Điều này cho thấy có khả năng gien quy định màu mắt đỏ nằm trên nhiễm sắc thể giới tính, tức nhiễm sắc thể quyết định việc ruồi con sẽ mang giới tính đực hay cái. Thứ hai, quy luật thừa hưởng màu mắt tuân theo những quy luật giống

những hạt đậu của Mendel – màu mắt là trắng hoặc đỏ, nhưng không bao giờ là màu hồng hoặc một màu nào đó ở giữa hai màu này. Morgan xem xét các quy luật của các tính trạng được di truyền khác của những con ruồi nhỏ này, ví dụ như kích thước và hình dạng cánh. Ông và các đồng nghiệp kiểm tra các nhiễm sắc thể dưới kính hiển vi và bắt đầu xây dựng những bản đồ của mỗi nhiễm sắc thể, thể hiện vị trí của các đơn vị di truyền (các "gien", như chúng vẫn được gọi). Các đột biến (thay đổi), ví dụ như sự xuất hiện đột ngột của mắt đỏ, có thể giúp xác định vị trí của gien, khi họ cẩn thận phân tích hoạt động của nhiễm sắc thể trong quá trình phân bào. Một trong những học trò của Morgan, H.J. Muller (1890–1967), phát hiện rằng tia X gây ra đột biến nhanh hơn. Muller được trao giải Nobel năm 1948, và nghiên cứu của ông cảnh báo thế giới về sự nguy hiểm của bức xạ từ bom nguyên tử và thậm chí từ tia X đang được dùng trong y học. Morgan cũng chứng minh rằng nhiễm sắc thể đôi khi trao đổi nguyên liệu di truyền khi chúng chia đôi. Đây được gọi là "trao đổi chéo", và đây cũng là một cách khác mà nhờ đó tự nhiên gia tăng số lượng biến dị ở thực vật và động vật.

Morgan và nhóm của ông, cùng với nhiều nhóm khác trên thế giới, đã biến di truyền học thành một trong những môn khoa học lý thú nhất trong khoảng giữa năm 1910 và năm 1940. "Gien" ngày càng được thừa nhận là một yếu tố vật chất§. Nằm trên một số nhiễm sắc thể của tế bào, các gien được di truyền, thông qua một tế bào trứng của con cái được thụ tinh với tinh trùng của con đực, đến thế hệ sau, trong đó cha và mẹ góp phần ngang nhau. Đột biến được chứng minh là thứ thúc đẩy những biến đổi mang tính tiến hóa. Chúng tạo ra những biến dị và xuất hiện theo cách tự nhiên cũng như bằng những phương pháp nhân tạo Muller đã nghiên cứu, Môn di truyền học mới này đóng vai trò trung tâm trong tư duy về tiến hóa. Mặc dù bản chất chính xác của "gien" vẫn chưa được xác định, sự tồn tại của nó là không có gì phải bàn cãi.

Tư duy di truyền học mới này mang một mặt tối hơn trong xã hội. Nếu không có cái gọi là di truyền mềm, để việc ăn những thức ăn tốt hơn, chơi thể thao hoặc làm một người tốt tạo ra ảnh hưởng tốt lên gien của con chúng ta, các phương pháp khác sẽ phải được sử dụng nếu bạn muốn cải thiện các thế hệ tương lai. “Chọn lọc nhân tạo” của Darwin đã được thực hiện trong nhiều thế kỷ, bởi những người lai tạo gia súc và cây trồng cố gắng cải tiến những đặc điểm họ mong muốn trên bất kể loài nào họ đang lại tạo. Người ta có thể lai bò để chúng cho nhiều sữa hơn, lại cà chua để chúng mọng nước hơn. Vào năm 1904, Francis Galton (em họ của Darwin) đã thành lập một phòng thí nghiệm “thuyết ưu sinh”. Ông là người đặt ra thuật ngữ “ưu sinh”, có nghĩa là “sự sinh sản tốt”. Tại đây, ông cố gắng thay đổi tập tính sinh sản của con người. Nếu có thể chứng minh rằng trí thông minh, tính sáng tạo, sự xấu xa, sự điên khùng, hoặc tính lười biếng di truyền trong gia đình (và Galton tin rằng có thể), việc khuyến khích những người “tốt” sinh nhiều con hơn (ưu sinh “tích cực”), và ngăn cản những người “xấu” có quá nhiều con (ưu sinh “tiêu cực”) là có lý. Ưu sinh tích cực đã từng là dạng sinh đẻ phổ biến nhất ở Vương quốc Anh. Các chiến dịch khuyến khích những cặp đôi trung lưu được giáo dục tốt có nhiều con hơn, dựa trên giả thiết rằng những cặp này theo cách nào đó “tốt hơn” một người lao động chân tay bình thường và vợ anh ta. Vào những năm 1890, chính phủ đã hoảng sợ trước chất lượng rất thấp của tân binh cho cuộc chiến Boer ở Nam Phi. Một số lượng lớn người tình nguyện nhập ngũ đã bị loại do thể chất không đạt yêu cầu, thậm chí không mang nổi một khẩu súng trường. Sau đó, Thế chiến thứ nhất, từ năm 1914 đến năm 1918, chứng kiến sự thảm sát hàng loạt trên các mặt trận ở châu Âu. Nhiều người cho rằng đa số những người hy sinh là những người giỏi nhất. Mọi quốc gia thuộc thế giới phương Tây đều lo lắng về chất lượng và thể lực của toàn dân.

Uu sinh tiêu cực còn hung hiểm hơn. Nhiều người cho rằng việc

cô lập những người bất ổn về tâm thần hoặc "dưới chuẩn", tội phạm, thậm chí những người khuyết tật và những người khác trong các nhóm bị bỏ lại bên lề xã hội, là việc làm hợp lý. Ở Hoa Kỳ, nhiều bang thông qua các đạo luật buộc người ta tuân theo quy định về triệt sản để ngăn những người này sinh con. Từ những năm 1930 cho đến khi bại trận trong Thế chiến thứ hai vào năm 1945, nhóm những người theo chủ nghĩa Quốc xã ở nước Đức đã thực hiện những tội ác tồi tệ nhất. Nhân danh Nhà nước, đầu tiên họ bắt giam, sau đó giết hại hàng triệu người mà họ cho rằng không đáng được sống. Người Do Thái, người Gipsies, người đồng tính, người bất ổn tâm thần hoặc thiểu năng trí tuệ, tội phạm: tất cả bị dồn lại thành bầy như vật nuôi rồi bị đưa vào trại tập trung hoặc bị hành quyết.

Thời kỳ Quốc xã khiến "thuyết ưu sinh" trở thành một từ mang nghĩa xấu xa, bẩn thỉu. Như chúng ta sẽ thấy ở một phần sau của cuốn sách này, một số người tin rằng thuyết ưu sinh có thể quay trở lại một cách bí mật, khi các nhà khoa học càng ngày càng biết nhiều hơn về những gì chúng ta thừa hưởng, và cách chúng ảnh hưởng tới bản chất con người chúng ta. Tất cả chúng ta đều cần tới khoa học, nhưng phải đảm bảo rằng nó được sử dụng cho mục đích tốt đẹp.

← Nguyên văn: material substance. "Material substance" là một khái niệm triết học xuất hiện trong nhiều lý thuyết và bàn luận triết học của Descartes, Spinoza, và Locke. Theo triết học nhị nguyên của Descartes, "material substance" là yếu tố mang tính vật chất, trái ngược và tách biệt với "mental substance", tức yếu tố mang tính tinh thần. Ví dụ: cơ thể là yếu tố vật chất, linh hồn là yếu tố tinh thần.

Chương 35

Chúng ta đến từ đâu

Ngày nay chúng ta biết rằng con người và tinh tinh, loài động vật họ hàng gần nhất với chúng ta, có bộ gien giống nhau đến 98%. Đó là sự tương đồng rất lớn, nhưng có một số điểm khác biệt mang tính quyết định. Dù tinh tinh có giao tiếp, chúng không nói chuyện với nhau như con người. Và chúng ta có thể đọc và viết. Lùi lại một bước để nhìn bao quát hơn và chúng ta sẽ thấy con người và tinh tinh, cùng với khỉ đột và đười ươi, tạo thành họ *Hominidae,* thường được biết đến với cái tên "khỉ dạng người loại lớn". Loài người chúng ta ít liên quan tới khỉ đột và đười ươi hơn, nhưng ở một thời điểm nào đó trong quá khứ, cả bốn nhóm này đều có chung tổ tiên, mà từ đó mỗi nhóm tiến hóa. Đó là thời điểm rất xa trở về trước, có thể là cách đây 15 triệu năm.

Chúng ta thấy những "anh em họ" khỉ dạng người loại lớn của chúng ta vừa thú vị, vừa hơi phiền phức. Những người viết về chúng và nghiên cứu chúng trong quá khứ cũng cảm thấy vậy. Họ đặt câu hỏi rằng động vật thô bạo này, dường như rất giống nhưng cũng rất khác chúng ta, có thể nằm ở đâu trong tạo hóa. Năm 1699, nhà giải phẫu học người Anh, Edward Tyson (1651–1708), có được thi thể của một con tinh tinh. Ông cẩn thận giải phẫu con vật kì lạ này và so sánh những gì ông tìm thấy với những

gì ông biết về giải phẫu của con người. Đây là lần đầu tiên có người xem xét một con tinh tinh tỉ mỉ đến vậy. Ông đặt nó vào Chuỗi Sinh vật của Aristotle, ngay dưới loài người chúng ta. Ông lý luận rằng việc một loài động vật nào đó lấp vào khoảng trống giữa con người và các loài khác trong giới động vật là một điều hết sức tự nhiên. Ông không phát biểu điều này, nhưng Tyson đề xuất cần có một "mắt xích còn thiếu" trong Chuỗi Sinh vật, một thứ gì đó liên kết chúng ta với các loài động vật khác.

Ở Vương quốc Anh, Đức, và Pháp, ngày càng nhiều đồ tạo tác của con người như các mũi tên và đầu rìu bằng đá được tìm thấy. Đây là những bằng chứng thú vị chứng minh sự xuất hiện của con người từ hàng nghìn năm trước. Những công cụ này thường được tìm thấy trong các hang động và các điểm khai quật hóa thạch, nằm giữa những phần còn sót lại đã hóa thạch của các loài động vật đã tuyệt chủng, ví dụ như loài hổ răng kiếm đáng sợ hay loài voi mammoth rậm lông khổng lồ. Những động vật đã tuyệt chủng này và những người thời Đồ đá đã tạo ra các công cụ trên hiển nhiên đã cùng tồn tại trong một khoảng thời gian. Con người đã sống trên Trái Đất được hàng chục nghìn năm… chứ không chỉ trong khoảng thời gian ngắn hơn nhiều mà nhiều người vẫn tin. Không phải mọi người đều đồng ý, tất nhiên, nhưng bạn của Darwin, Thomas Henry Huxley (1825–1895) không hề nghi ngờ điều này. Huxley phấn khích trước việc khám phá ra "người Neanderthal" vào năm 1856 trong một hang ở thung lũng Neander ở nước Đức. Ông viết về hóa thạch này, và về những con người hiện đại và khỉ dạng người loại lớn trong cuốn sách của ông mang tên *Vị trí của con người trong tự nhiên (Man's Place in Nature, 1863)*. Ngày nay chúng ta biết rằng đây là mẫu hóa thạch đầu tiên của một *hominin* không thuộc loài chúng ta, tức loài *Homo sapiens,* cái tên sinh học mà Linnaeus đã đặt (Chương 19). Hominin là từ ngày nay được dùng để gọi chính chúng ta và những tổ tiên đã tuyệt chủng của chúng ta, và khi ngày càng nhiều bằng chứng hóa thạch

được khai quật, nhóm hominin ngày càng mở rộng. Cây sự sống đang lớn lên, và những khoảng trống của nó dần được lấp đầy.

Vào thời điểm đó, Huxley đủ tỉnh táo để nhận ra rằng chỉ một phát hiện đơn lẻ không thể cho người ta biết được mọi điều về cả một loài, và vì thế ông đặt người Neanderthal trong cùng một loài với con người hiện đại. Nhưng ông tự tin rằng đây là một mẫu vật rất cổ, đã tồn tại đủ lâu để sự tiến hóa diễn ra. Chắc chắn đã có những thay đổi nhất định, vì dù người Neanderthal tương đối giống chúng ta, anh ta cũng rất khác biệt. Sọ của anh ta có gờ xương lông mày nhô cao và một khoang mũi lớn hơn nhiều. Tỉ lệ giữa các chi và cơ thể của anh ta khác với chúng ta. Thậm chí đây có thể là một cơ thể người đã bị biến dạng chứ không phải của một loài khác. Dần dần sau này, chúng ta mới biết rằng người Neanderthal là những hominin đầu tiên chôn cất đồng loại đã khuất.

Huxley biết tất cả về những giả thuyết của Darwin về sự tiến hóa của loài người trước khi Darwin vĩ đại xuất bản hai cuốn sách liên tiếp giải thích rõ ràng những ý tưởng và bằng chứng của ông về tổ tiên của chúng ta. Năm 1871, cuốn *Dòng dõi con người* đã làm được điều mà Darwin phải né tránh trong cuốn *Nguồn gốc muôn loài,* nó đưa những lập luận thuyết phục của ông về thế giới tập trung vào chủng loài con người. Năm 1872, cuốn sách *Biểu hiện cảm xúc ở người và động vật (The Expression of the Emotions in Man and Animals)* của ông bổ sung một khía cạnh tâm lý học quan trọng vào lý lẽ của ông. Ông dựa trên những quan sát cẩn trọng của mình trên những đứa con của chính ông, những nụ cười và điệu bộ cau có của chúng cũng như rất nhiều hành vi khác, để viết cuốn sách này. Con người là một phần của sự sống trên Trái Đất, như tất cả các loài thực vật và động vật khác. Darwin kết luận rằng tổ tiên của chúng ta có thể đã sống ở châu Phi, nơi con người tiến hóa lần đầu tiên.

Mô tả của Darwin rằng sự tiến hóa giống như một "cây sự sống" mang ý nghĩa rằng chúng ta không thể là con cháu của những loài khỉ hiện đại. Nhưng chính mối quan hệ "người vượn" đã ngay lập tức khơi nguồn trí tưởng tượng của công chúng. Những giả thuyết của ông về sự tiến hóa được đưa ra tranh luận công khai lần đầu tiên trong một cuộc họp đông người ở Oxford, do Hiệp hội vì tiến bộ khoa học Anh tổ chức. Hiệp hội có mục tiêu đưa những kiến thức khoa học mới nhất đến với tất cả mọi người và tổ chức một cuộc họp mặt hằng năm, nơi các nhà khoa học phát biểu và bàn luận về những vấn đề mới. Cuộc họp mặt năm 1860 đầy những câu chuyện kịch tính và giả thuyết về "người vượn" đã gây xôn xao. Cuộc thảo luận về những giả thuyết về tiến hóa của Darwin được mọi người hào hứng chờ đợi, với Giám mục Samuel Wilberforce là thủ lĩnh nhóm những người chống lại thuyết Darwin và Huxley lãnh đạo nhóm ủng hộ thuyết Darwin. Tưởng rằng mình thông minh, Wilberforce đã hỏi Huxley mang gốc gác loài vượn từ phía dòng dõi của cha hay dòng dõi của mẹ. Huxley trả lời rằng ông thà mang gốc gác từ một con vượn còn hơn phí phạm thời gian và trí óc cho một câu hỏi ngớ ngẩn như vậy: Wilberforce không hiểu được bản chất vấn đề. Wilberforce vẫn không cảm thấy bị thuyết phục, nhưng Huxley và tiến hóa đã chiến thắng vào ngày hôm đó.

Những khám phá về sự tồn tại từ lâu của nhân loại trên Trái Đất đã khích lệ các nhà tự nhiên học, nhân chủng học (những người nghiên cứu nhân loại) và khảo cổ học đặt câu hỏi: điều kiện sống ban đầu của loài người là gì? "Người thượng cổ" được nhiều người biết đến trong thời kỳ này nhờ những khám phá trong các hang ở đảo Anh và châu Âu. Rõ ràng, những người sống trong hang này đã sử dụng lửa. Các vũ khí, công cụ bằng đá và các dụng cụ nấu ăn đã được tìm thấy. Các nhà nhân chủng học và nhà thám hiểm cũng phát hiện ra những nhóm săn bắt–hái lượm ở châu Phi, châu Á và Nam Mỹ, và đề xuất giả thuyết rằng tất cả các xã hội

loài người đều đã trải qua những giai đoạn phát triển xã hội giống nhau. E.B. Tylor (1832–1917) trở thành giáo sư nhân chủng học đầu tiên ở Oxford. Ông sử dụng một ý tưởng về "những thứ sống sót" để trình bày một giả thuyết về con đường tiến hóa xã hội và văn hóa vĩ đại của loài người. Qua ý tưởng này, ông muốn nói đến các hành vi tôn giáo và xã hội, sự mê tín, và những cách tổ chức quan hệ gia đình khác nhau. Theo Tylor, những thứ sống sót được đóng băng trong những người "nguyên thủy" ở châu Phi chẳng hạn, và cho chúng ta những manh mối về quá khứ chung của nhân loại. Tylor và những người khác muốn tìm hiểu nguồn gốc của ngôn ngữ và xem xét những cử chỉ, điệu bộ và các hình thức giao tiếp khác.

Nhân chủng học vào thời kỳ đầu này đối chiếu châu Âu, Bắc Mỹ, Úc và New Zealand năng động với những cuộc đời được cho là không hề thay đổi của những người "nguyên thủy", hoặc thậm chí với những nền văn hóa phức tạp và đã được công nhận từ lâu như văn hóa Ấn Độ và văn hóa Trung Quốc. Ngày nay, chúng ta coi đó là sự kiêu ngạo. Áp dụng vào xã hội phương Tây, giả thuyết về cạnh tranh và đấu tranh trong quá trình tiến hóa dường như giải thích được tại sao một số cá nhân thành công phát đạt và một số thì không. Khi chủ nghĩa tư bản công nghiệp có được sức mạnh, "thuyết Darwin xã hội", tức thuyết tiến hóa áp dụng cho văn hóa loài người, bắt đầu được sử dụng để giải thích tại sao một số người giàu và những người khác nghèo, và tại sao một số quốc gia hùng mạnh và các quốc gia khác lại không như vậy. Thuyết Darwin xã hội biện luận cho tính tất yếu trong chiến thắng của những cá nhân, chủng tộc, hoặc quốc gia hùng mạnh trước những đối tượng yếu hơn.

Trong khi một số người tranh luận về thuyết Darwin xã hội, những người khác thảo luận về tiến hóa sinh học. Cho đến những năm 1890, tất cả những di phần hóa thạch của con người đã được khai quật đều được coi là thuộc về loài *Homo sapiens.* Thân thế

chính thức của người Neanderthal vẫn không được rõ ràng. Sau đó, một nhà nhân chủng học người Hà Lan, Eugène Dubois (1858–1940) đã đến vùng Đông Ấn thuộc Hà Lan, tìm kiếm bằng chứng cho sự tiến hóa của loài người trên vùng đất của đười ươi. Ở Java (nay là Indonesia), ông tìm thấy phần trên của một hộp sọ đã hóa thạch thuộc về một sinh vật không phải người nhưng đã đi bộ với dáng thẳng. Ông gọi sinh vật này là "người Java". Sự chú ý được chuyển sang châu Á, được coi là nơi loài người hẳn đã tiến hóa. Người Java, cùng với một bộ xương người cổ khác được tìm thấy ở Cro-Magnon, Pháp, khuyến khích người ta đặt ra những câu hỏi về chuyện gì đã xảy ra trước tiên. Có phải là việc con người đi thẳng đứng, trên hai chân? Hay một bộ não lớn? Hay ngôn ngữ và đời sống trong các quần xã?

Đến nay đã có thêm nhiều phát hiện về các hominin tiền nhân loại ở châu Á. Nhưng vào thế kỷ 20, chính châu Phi đã chứng minh những tiên đoán của Darwin sắc sảo đến thế nào. Năm 1924, một hóa thạch được nhà giải phẫu học người Úc Raymond Dart (1993–1988) phát hiện. Sau này, hóa thạch được biết đến với cái tên "em bé Taung", và tầm quan trọng của nó được bác sĩ người Nam Phi, Robert Broom (1866–1951) chứng minh. Em bé Taung có răng giống một em bé loài người nhưng bộ não của nó giống một con vượn đến mức không thể coi là con người được. Broom tin rằng mẫu hóa thạch của Dart (và một vài mẫu nữa được tìm thấy sau đó, bao gồm một mẫu sinh vật trưởng thành) là tổ tiên cổ xưa của loài người. Dart đặt tên nó là *Australopithecus africanus,* nghĩa đen là "vượn không đuôi phương Nam của châu Phi". Hiện nay người ta cho rằng nó có niên đại vào khoảng 2,4 triệu đến 3 triệu năm trước. Sau em bé Taung, châu Phi còn cho chúng ta nhiều hóa thạch quan trọng khác, giúp chúng ta hoàn chỉnh dòng tiến hóa của loài người. Louis và Mary Leakey (1903–1972; 1913–1996) khiến cho câu chuyện loài người thậm chí còn nổi tiếng hơn nữa. Vào những năm 1950, khi họ đang nghiên cứu tại Hẻm núi Olduvai

Kenya, Louis và Leakey nhấn mạnh rằng những hominin sơ khai là những người làm ra công cụ. Ông gọi một trong những hominin đã hóa thạch sống vào khoảng 1,6 đến 2,4 triệu năm trước là *Homo habilis,* nghĩa là người khéo léo. Vào những năm 1970, Mary Leakey phát hiện ra một số dấu chân có niên đại khoảng 3,6 triệu năm trước, được bảo quản trong tro núi lửa đã rắn lại. Những dấu chân này thuộc về ba hominin đứng thẳng cùng những động vật khác, và gợi ra rằng việc đi bằng hai chân đã xuất hiện đầu tiên, trước khi các hominin tiến hóa để có một bộ não lớn.

Trong nửa đầu của thế kỷ 20, việc nghiên cứu xương hóa thạch của con người bị làm nhiễu bởi một số phát hiện gây tò mò trong một bãi khai thác sỏi ở làng Piltdown, Đông Sussex, ở miền Nam nước Anh. Các khám phá bắt đầu từ năm 1908. Sau đó vào năm 1912, một nhà khảo cổ học nghiệp dư địa phương, Charles Dawson (1864–1916), tuyên bố tìm được một chiếc sọ ở Piltdown. Phát hiện này gây phấn khích tột độ. “Người Piltdown” có hộp sọ giống người hiện đại và xương hàm giống vượn. Nó trông giống như một mắt xích còn thiếu thực sự, một loại “người vượn”. Một số nhà khoa học xuất sắc xuất bản các bài nghiên cứu về hóa thạch kì lạ này. Nhưng người ta khó có thể đặt nó vào chuỗi những hóa thạch vượn cổ và hominin mới đang càng ngày càng nhiều. Piltdown vẫn luôn tỏa ra sự mờ ám, và vào đầu những năm 1950, các kỹ thuật xác định niên đại, vốn chưa được phát minh vào năm 1908, đã chứng minh rằng người Piltdown là một trò giả mạo. Người Piltdown là sự kết hợp của một sọ người hiện đại với xương hàm của một con đười ươi, được ngâm trong hóa chất để khiến chúng trông cũ. Các chiếc răng cũng đã bị giũa mòn đi. Không ai rõ thủ phạm chính xác, một vài người bị nghi ngờ nhưng không có kết luận chắc chắn. Chính Dawson nằm gần đầu danh sách nghi phạm.

Khi Piltdown bị vạch trần là một trò lừa đảo, những mẫu hóa thạch hominin khác mới có thể được đặt vào một trật tự hợp lý hơn, bằng cách sử dụng phương pháp xác định niên đại bằng đồng

vị phóng xạ để biết được tuổi của chúng, và so sánh những đặc tính vật lý của chúng. Đặc biệt, một mẫu hóa thạch, với biệt danh Lucy, đã trở thành một nhân vật nổi tiếng, được đi "lưu diễn" và được viết cho hẳn một "tiểu sử". Lucy được khai quật ở Ethiopia vào năm 1978, và bộ xương của cô hoàn chỉnh hơn một nửa. Cô sống vào khoảng 3 đến 4 triệu năm trước, trước em bé Taung rất lâu. Giống em bé Taung, cô thuộc chi *Australopithecus* nhưng ở một loài ra đời sớm hơn, *afarensis,* tức "vượn ở Afar". Hai chân, xương chậu, và bàn chân của Lucy cho thấy cô có thể đã đi với dáng thẳng và leo trèo trên cây hoặc vách đá. Khoang chứa não của cô không lớn hơn một con tinh tinh hiện đại là bao, nhưng não của cô lớn hơn não của một con tinh tinh, xét theo tỉ lệ giữa kích thước não và kích thước cơ thể cô. (So với kích thước tuyệt đối, tỉ lệ não/cơ thể là một chỉ dẫn ưu việt hơn khi cần xem xét các chức năng thần kinh: voi có bộ não lớn hơn người, nhưng có tỉ lệ não/ cơ thể nhỏ hơn. Tất nhiên có nhiều yếu tố khác liên quan đến "trí thông minh" hơn là kích thước não đơn thuần.) Lucy thật sự đã cho thấy những đặc điểm "hỗn hợp", còn chưa đáng được gọi là "người" ngay cả ở mức thô sơ, nhưng vẫn là một sinh vật thành công với đúng những gì cô có.

Hàng trăm hominin hóa thạch từ nhiều nơi trên thế giới đã cho phép chúng ta có được một hình dung rất rõ ràng về con đường tiến hóa dẫn đến người hiện đại. Chúng ta thậm chí có thể khẳng định được tổ tiên chúng ta ăn gì và loài kí sinh nào đã nhiễm vào cơ thể họ. Bức tranh ghép vẫn còn nhiều mảnh chưa được tìm thấy, và vẫn còn nhiều tranh luận về những chi tiết: chiếc răng này hay hình dạng của chiếc xương đùi đó cho ta biết điều gì? Cũng sẽ còn nhiều bất ngờ nữa chưa được khám phá, vì các hóa thạch liên tục được khai quật. Ở Indonesia năm 2003, nhà khảo cổ học người Úc Mike Morwood và các cộng sự đã tìm thấy những hóa thạch của các hominin nhỏ trên đảo Flores. Họ đã sống vào thời gian khoảng 15.000 năm trước, nhưng có thể thuộc một loài chưa được biết

đến. Thân thế chính xác của *Homo floresiensi* ("người Flores", biệt danh là "người Hobbit") vẫn chưa được xác định chắc chắn. Các nỗ lực phân tích ADN (phương pháp đáng tin cậy nhất để thiết lập những mối liên hệ sinh học) cho đến nay vẫn không thành công.

Điều tra xem người Neanderthal liên hệ thế nào với người hiện đại cũng là một thử thách lý thú. Loài này chắc chắn đã sống cùng thời với *Homo sapiens* ở châu Âu, khoảng 50.000 năm trước. Chúng ta mang một số gien của họ. Có phải sự xuất hiện của *Homo sapiens,* "người hiện đại", góp phần vào sự tuyệt chủng của người Neanderthal? Chúng ta không chắc chắn. Họ có lai với nhau không? Có khả năng cao. Cả người Neanderthal và *Homo sapiens* đều hứng chịu thời tiết châu Âu cực lạnh vào lần cuối cùng những con sông băng bao phủ châu Âu, và người Neanderthal đã không sống sót.

Để tái dựng cây phả hệ của loài người từ những hóa thạch có niên đại khác nhau và được phát hiện tại các địa điểm khác nhau, chúng ta sử dụng những công cụ và kỹ thuật mà chúng ta dùng với các động vật khác như ngựa hay hà mã. Tất nhiên, ta có nhiều cảm xúc hơn khi đó là con người chứ không phải hà mã. Nhưng bằng chứng nằm ở đó, và các nhà cổ sinh học, nhân chủng học, khảo cổ học và các chuyên gia khác tiếp tục ghép các manh mối lại với nhau. Họ đã sử dụng bằng chứng để tìm ra rằng các hominin, gồm cả *Homo sapiens,* đầu tiên sống ở châu Phi và bắt đầu di cư từ đó. Vẫn có nhiều điều chúng ta chưa biết về các cuộc di cư của những hominin đầu tiên. Có phải đã có một vài cuộc di cư khỏi châu Phi? Điều gì dẫn đến sự tiến hóa rất nhanh của bộ não khiến cho loài người chúng ta khác biệt hẳn so với những người anh em hominin khác? Khoa học xử lý câu hỏi như thế nào, chứ không phải câu hỏi tại sao. Điều này dường như đặc biệt đúng khi chúng ta nghĩ về tổ tiên của mình và về, như Huxley đã gọi, "vị trí của con người trong tự nhiên".

Chương 36

Thần dược

Có khoảng 5 triệu nghìn tỉ nghìn tỉ vi khuẩn trên Trái Đất. Tức là 5 × 10^30 hay chữ số 5 cùng với 30 chữ số 0 đằng sau nó, một con số đáng kinh ngạc. Vi khuẩn có thể sống ở gần như bất cứ nơi nào trên Trái Đất: trong đất, trong các đại dương, trên đá ở sâu dưới lòng đất, trong băng ở Bắc Cực, trong nước sôi sùng sục ở mạch nước phun lộ thiên, trên da và trong cơ thể chúng ta. Vi khuẩn làm đủ thứ có ích, không có chúng thì chuyện gì sẽ xảy ra với tất cả những thứ rác rưởi mà chúng vẫn tiêu hóa? Chúng ta cũng hưởng lợi từ trò tiêu hóa đó. Những vi khuẩn sống trong ruột giúp chúng ta phân tách các thức ăn mà ta ăn vào để giải phóng protein và vitamin. Một số vi khuẩn thậm chí còn tạo ra những dược phẩm có ích, cùng một số vi sinh vật khác, tức các loài nấm. Đa số chúng ta đã từng được kê vài loại trong số những thuốc kháng sinh này.

Vào thế kỷ 19, các nhà khoa học đã phát hiện ra một số loài vi khuẩn nguy hại ra sao, chúng gây ra bệnh tật và nhiễm trùng các vết thương. Chương 27 kể câu chuyện "thuyết vi trùng" về bệnh tật đã dần được chấp nhận như thế nào. Ngay lập tức, họ bắt đầu tìm kiếm những dược phẩm có thể tiêu diệt những vi khuẩn xâm nhập mà không gây hại lên các tế bào của cơ thể. Nó là một hành trình tìm kiếm "viên đạn bạc", theo lời bác sĩ người Đức, Paul

Ehrlich (1854–1915). Ông tìm ra một loại thuốc chữa bệnh giang mai, nhưng nó chứa asen, một chất rất độc, nên nó phải được sử dụng một cách hết sức thận trọng và vẫn gây ra những tác dụng phụ nghiêm trọng.

Vào giữa những năm 1930, nhà dược lý học người Đức Gerhard Domagk (1895–1964) bắt đầu sử dụng nguyên tố hóa học lưu huỳnh. (Dược lý học là môn nghiên cứu thuốc.) Ông tao ra một hợp chất gọi là Prontosil, chống lại một vài loại vi khuẩn gây bệnh một cách hiệu quả. Một trong những bệnh nhân thử nghiệm đầu tiên là con gái của ông, người có bàn tay bị nhiễm *Streptococcus,* một loại vi khuẩn kinh tởm gây nhiễm trùng da. Các bác sĩ đã nói rằng cách duy nhất để thử và cứu cô khỏi tình trạng nhiễm trùng đe dọa tính mạng là cắt bỏ cánh tay. Prontosil quét sạch nhiễm trùng thành công. Nó cũng trị hiệu quả sốt tinh hồng nhiệt và một loại nhiễm trùng chết người do vi khuẩn gây ra, gọi là sốt sản, giết chết phụ nữ sau khi họ sinh con. Prontosil bắt đầu được sử dụng rộng rãi từ năm 1936 và góp phần vào sự giảm mạnh số người chết do các căn bệnh trên. Nó và các loại thuốc chứa lưu huỳnh khác nằm trong số những thuốc tốt nhất mà các bác sĩ có thể kể chống lại một số loại vi khuẩn. Domagk được trao giải Nobel năm 1939 (mặc dù thời gian đó những người Quốc xã cấm người Đức nhận giải).

Giải Nobel tiếp theo cho khám phá về một loại thuốc được trao vào năm 1945. Ba người đàn ông, Alexander Fleming (1881–1955) từ Scotland, Howard Florey (1898–1968) từ Úc, và Ernst Chain (1906–1979) một người Đức tị nạn, cùng chia sẻ giải này vì đã khám phá ra penicillin, thuốc "kháng sinh" đầu tiên. Thuốc kháng sinh là một chất do một vi sinh vật sản xuất, có khả năng tiêu diệt các vi sinh vật khác. Nó kiểm soát và tận dụng một thứ vẫn luôn diễn ra trong thế giới tự nhiên để mang lại lợi ích cho chúng ta. Penicillin được tinh chế từ một nguồn tự nhiên, vi sinh vật *Penicillium notatum,* một loại mốc hoặc nấm. Bạn có thể thấy

những vòng nấm xanh mọc trên bánh mì cũ mốc. Nếu bạn thích ăn nấm, hiển nhiên bạn đang ăn một loại nấm khác. Người ta đoán có khoảng 1,5 triệu loài nấm trên Trái Đất. Chúng có những vòng đời phức tạp, bao gồm giai đoạn bào tử, tương tự như hạt giống của các loài cây. Ngày nay kháng sinh cũng có thể được tạo ra trong phòng thí nghiệm thay vì từ một nguồn tự nhiên, nhưng vẫn tuân theo cùng một nguyên lý cơ bản.

Câu chuyện của thuốc penicillin bắt đầu vào những năm 1920. Giống tất cả các câu chuyện hay nhất, luôn có một vài phiên bản. Một trong số đó là vào năm 1928, một bào tử nấm mốc bay qua một khung cửa sổ để mở vào phòng thí nghiệm của Alexander Fleming ở Bệnh viện Thánh Mary tại London. Ông nhận ra một vài vi khuẩn ông đang nuôi trên một đĩa Petri đã ngừng phát triển ở đúng nơi bào tử đậu vào. Ông xác định bào tử đến từ nấm *Penicillium,* nghiên cứu nó nhiều hơn và xuất bản kết quả của ông để chia sẻ với các nhà vi khuẩn học khác. Nhưng ông không thể tìm được cách tạo đủ cái thứ mà bào tử này đã sinh ra để có bất cứ ứng dụng nào. Vì thế, ông từ bỏ nó, coi nó chỉ như một quan sát kỳ thú, có thể có tiềm năng, trong phòng thí nghiệm.

Một thập kỷ sau, châu Âu lại bị đẩy vào Thế chiến thứ hai. Chiến tranh luôn đem đến những trận bùng phát bệnh nhiễm trùng cho cả những người lính lẫn thường dân. Vì thế nhà bệnh lý học Howard Florey, người đã định cư ở Anh, được yêu cầu tìm kiếm những loại thuốc hiệu quả chống lại nhiễm trùng. Một trong những cộng sự của ông, Ernst Chain, bắt đầu đọc bất cứ thứ gì ông có thể tìm được, bao gồm cả bài nghiên cứu cũ của Fleming. Tiếp đó, ông thử chiết xuất hoạt chất do nấm penicillin tạo ra. Vào tháng Ba năm 1940, trợ lý phòng thí nghiệm của họ, Norman Heatley (1911–2004), tìm ra một cách tốt hơn để thu được hoạt chất đầy hứa hẹn này. Làm việc trong điều kiện thời chiến khó khăn, họ phải làm ra sản phẩm với rất ít tài nguyên, sử dụng cả bô dành cho người bệnh và xô đựng sữa làm bình chứa để nuôi các

dung dịch nấm. Bất chấp khó khăn, họ vẫn thu được một lượng penicillin tương đối tinh khiết. Các lần thử nghiệm trên chuột cho thấy nó kiểm soát nhiễm trùng rất hữu hiệu. Tinh chế chất kỳ diệu này là việc cực kì khó: người ta cần một tấn dung dịch penicillin thô chỉ để tạo ra 2 gam thuốc. Bệnh nhân đầu tiên là một cảnh sát bị nhiễm trùng sau một vết xước do gai hoa hồng. Khi được cho thuốc, tình trạng của anh ta cải thiện rất nhanh. Ho lọc nước tiểu của anh ta để thu hồi thứ thuốc quý giá, nhưng anh ta qua đời khi nguồn cung cấp thuốc cạn kiệt.

Liên hiệp Anh thời chiến không có nguồn nguyên liệu công nghiệp để sản xuất đủ penicillin. Vì thế, vào tháng Bảy năm 1941, Florey và Heatley bay đến Hoa Kỳ để động viên các công ty dược phẩm Mỹ nhận công việc này. Florey là một nhà khoa học kiểu cổ điển. Ông tin rằng những khám phá như của nhóm ông là để phục vụ lợi ích của mọi người và không nên mang bản quyền. (Bản quyền là một cách để bảo vệ các ý tưởng của nhà phát minh và đảm bảo không người nào khác có thể sao chép chúng.) Những người Mỹ có những suy nghĩ khác. Đặc biệt có hai công ty đã phát triển các phương pháp đặc biệt để sản xuất penicillin trên diện rộng. Để lấy lại toàn bộ số tiền họ đã đầu tư vào nghiên cứu, họ đăng ký bản quyền, có nghĩa là không ai khác có thể sử dụng phương pháp của họ để sản xuất thuốc này. Đến năm 1943, penicillin đã sẵn có để phục vụ mục đích quân sự và một số mục đích dân sự. Nó được chứng minh là có thể chống lại một cách hiệu quả vi khuẩn *Streptococcus,* cùng với một số vi sinh vật khác gây viêm phổi, rất nhiều chứng nhiễm trùng vết thương, và một số bệnh truyền nhiễm qua đường tình dục. Không lâu sau, người ta sản xuất ra được đủ thuốc để chắc chắn rằng những người có thể được chữa trị sẽ sống, giữa thời điểm mà nếu không có thuốc hẳn nhiều người sẽ chết, đặc biệt là những người lính đang chiến đấu để kết thúc cuộc chiến.

Trong khi Florey và nhóm của ông bận rộn với penicillin,

Selman Waksman (1888–1973) nghiên cứu những đặc điểm kháng sinh của vi khuẩn. Waksman chuyển từ Ukraine đến Hoa Kỳ năm 1910. Ông bị những vi sinh vật sống trong đất thu hút, và đã chứng kiến một số vi sinh vật trong số này tiêu diệt những vi khuẩn khác trong đất như thế nào. Từ cuối những năm 1930, ông cố gắng tách những hợp chất có thể được dùng như những chất kháng sinh từ những vi khuẩn này. Cùng với những sinh viên của mình, ông đã tách được một số chất có công hiệu, nhưng chúng quá độc đến nỗi không thể sử dụng trên con người. Sau đó, vào năm 1943, một trong những sinh viên của ông tách được *Streptomyces,* và thuốc streptomycin được làm từ đó. Nó có hiệu quả và không quá độc hại đối với người bệnh. Đáng ngạc nhiên hơn, nó chống lại hiệu quả vi khuẩn gây ra bệnh lao, căn bệnh chết người đã gây tử vong cho nhiều người hơn bất cứ căn bệnh nào khác trong phần lớn thế kỷ 19. Mặc dù đến những năm 1940 bệnh này trở nên ít phổ biến hơn ở phương Tây, nó vẫn gây chết người ở khắp mọi nơi. Các nạn nhân thường là người mới trưởng thành, để lại mất mát cho những người thân yêu, và khiến trẻ em mồ côi cha mẹ.

Penicillin và streptomycin chỉ là sự khởi đầu của một loạt thuốc kháng sinh và hóa chất khác có khả năng chữa khỏi các bệnh nhiễm trùng. Trong những năm sau Thế chiến thứ hai, chúng khiến mọi người rất lạc quan về sức mạnh của y học trong việc chống lại, thậm chí xóa sổ bệnh tật. Số người chết vì bệnh nhiễm trùng ở phương Tây ít đi, và ngoại trừ các chứng nhiễm trùng mới như AIDS, xu hướng này vẫn tiếp tục. Rõ ràng, nhiều người trẻ ở thế kỷ 21 có thể sống khỏe mạnh hơn cha mẹ hay ông bà của họ.

Nhưng nếu những người lạc quan trong những năm 1960 xem xét kĩ càng hơn câu chuyện về một loại "thần dược" ra đời trước đó, họ có thể đã nhận ra rằng chẳng có loại thuốc nào trên đời này là tự dưng được thần thánh ban cho cả. Thứ thuốc đó là insulin, dùng để chữa bệnh tiểu đường từ những năm 1920. Tiểu đường là

một chứng bệnh kinh khủng. Nếu không được chữa trị, cơ thể người bệnh dần suy kiệt, những nạn nhân của nó gầy một cách đau đớn, luôn khát nước, đi tiểu nhiều và cuối cùng rơi vào hôn mê sâu trước khi qua đời. Đa số bệnh nhân của nó là người trẻ, và họ qua đời chỉ trong vài năm. Nó là một chứng bệnh phức tạp, nhưng những tế bào đặc biệt sản xuất insulin tự nhiên trong tuyến tụy – một cơ quan gần dạ dày – ngừng làm nhiệm vụ. Insulin là một hormone, một "người đưa tin" dạng hóa chất, và nó giữ lượng đường (glucose) trong máu luôn ở mức hợp lý.

Trong khi penicillin ra đời từ một sự tình cờ may mắn, câu chuyện của insulin lại là một nghiên cứu vô cùng bền bỉ và tỉ mỉ về cách hoạt động của một số bộ phận trong cơ thể con người. Các nhà nghiên cứu đã chứng minh vai trò của tuyến tụy bằng cách lấy bộ phận này ra khỏi một số con chó (hoặc các động vật khác), những con vật này sau đó mắc một căn bệnh giống bệnh tiểu đường. Vào mùa hè năm 1921, tại Đại học Toronto, J.R. Macleod (1876–1935) đang đi vắng. Một phẫu thuật viên trẻ tên là Frederick Banting (1891–1941) và người trợ lý của ông, khi đó là sinh viên y khoa, Charles Best (1899–1978) thực hiện một loạt thí nghiệm đơn giản. Với sự giúp đỡ của một nhà hóa sinh, James Collip (1892–1965), họ cố gắng xoay xở để chiết và tinh chế insulin từ tuyến tụy của các con chó. Khi họ truyền insulin cho các con vật thí nghiệm đã bị lấy đi tuyến tụy, chúng phục hồi.

Insulin được mô tả là một "sức mạnh của hoạt động ma thuật". Nó thật sự có thể cứu những nạn nhân của bệnh tiểu đường dạng này thoát khỏi cái chết đã được báo trước. Một trong số họ là Leonard Thompson, 14 tuổi, người đầu tiên được chữa bằng phương pháp tiêm insulin vào năm 1922. Leonard thiếu cân trầm trọng và phải gắn bó với giường bệnh vì cậu quá yếu. Những lần tiêm thuốc đưa lượng đường trong máu cậu về mức bình thường, cậu tăng cân, và có khả năng xuất viện với nguồn cung cấp xilanh và insulin của mình.

Một năm sau, Banting và Giáo sư Macleod được trao giải Nobel, và họ chia sẻ tiền thưởng với Best và Collip. Sự công nhận nhanh chóng ấy cho thấy mọi người coi trọng nghiên cứu của họ đến mức nào. Insulin đúng là rất quan trọng. Nó kéo thêm hàng năm trời tuổi đời cho những người trẻ tuổi, những người hẳn đã ra đi nếu không có insulin. Cái nó không thể cho người ta là một cuộc sống bình thường. Những người mắc bệnh tiểu đường phải kiểm soát thức ăn của họ, tự tiêm insulin định kì, và thường xuyên kiểm tra nước tiểu xem có đường trong đó không. Như vậy vẫn còn tốt hơn nhiều so với không có insulin. Nhưng một hay hai thập kỷ sau đó, nhiều người trong số những bệnh nhân tiểu đường đầu tiên này bắt đầu hứng chịu những vấn đề sức khỏe khác: suy thận giai đoạn cuối, bệnh tim, các vấn đề về thị lực và các vết loét đau đớn không thể lành lại trên đôi chân. Insulin biến một trong bệnh cấp tính chết người thành một vấn đề sức khỏe suốt đời, đòi hỏi sự kiểm soát vĩnh viễn. Các vấn đề y hệt cũng xuất hiện ở bệnh tiểu đường thuộc loại còn lại, hầu như chỉ xuất hiện ở những người trưởng thành thừa cân và được gọi là tiểu đường loại II. Ngày nay, nó là dạng bệnh tiểu đường phổ biến nhất, và ngày càng nhiều người mắc bệnh này. Các chế độ ăn thời nay chứa quá nhiều đường và thức ăn đã qua tinh chế, và chứng béo phì đã trở thành một dịch bệnh toàn cầu. Y học vẫn luôn có ích: các viên thuốc có thể làm giảm lượng đường trong máu. Nhưng các bệnh nhân tiểu đường loại II gặp cùng một loại vấn đề khi về già. Thuốc men đơn giản là không thể nào ưu việt bằng hệ thống điều tiết mức đường tự nhiên trong chính cơ thể chúng ta.

Tự nhiên đã cho chúng ta thấy rằng ta không thể phụ thuộc vào penicillin và các chất kháng sinh khác. Những thuốc này có ích, nhưng vi khuẩn gây bệnh đã thích nghi với chúng. Quy luật chọn lọc tự nhiên mà Darwin đã phát hiện ra áp dụng cho mọi thứ trong tự nhiên, và nhiều vi khuẩn đã tự phát triển các hình thức phòng vệ để chống lại các kháng sinh đã từng tiêu diệt chúng. Vi khuẩn

Staphylococci và khuẩn hình que gây bệnh lao đã cho thấy chúng có khả năng thích nghi đặc biệt tốt. Giống tất cả các sinh vật khác, gien của chúng đôi khi đột biến, và những đột biến giúp chúng sống sót sẽ được di truyền cho thế hệ tiếp theo. Chữa trị các bệnh nhiễm trùng ngày nay đã trở thành một trò chơi mèo-và-chuột: phát triển những loại thuốc mới để tấn công những mầm bệnh có khả năng tiến hóa để kháng lại gần như bất cứ thứ gì chúng ta có thể tung ra đối phó với chúng. Một vấn đề gần đây là MRSA (vi khuẩn *Staphylococcus aureus* kháng methicillin). *S. aureus* là một trong những vi khuẩn bình thường sống trong cơ thể chúng ta, mặc dù nó có thể gây nhiễm trùng nhẹ ở vết xước. Dạng kháng kháng sinh của nó rất nguy hiểm. Dạng này thường được tìm thấy trong bệnh viện vì nhiều loại kháng sinh được sử dụng ở đó, và những vi khuẩn sống sót được thường là những vi khuẩn đã hình thành được khả năng kháng thuốc. Và, không chỉ có vi khuẩn mới chống lại nỗ lực kiểm soát bệnh tật của chúng ta. Một số loài kí sinh gây ra bệnh sốt rét cũng kháng lại gần như mọi loại thuốc mà chúng ta có.

Hiện tại chúng ta đã biết rằng các vi khuẩn thường hình thành khả năng kháng thuốc khi các bệnh nhân không hoàn thành đủ liệu trình uống thuốc, hoặc khi liều lượng thuốc bị kê sai. Nó cũng xảy ra khi thuốc bị sử dụng sai: kháng sinh thường được kê cho bệnh nhân một cách không phù hợp cho các trường hợp viêm nhiễm, cảm lạnh, hoặc viêm họng do virus gây ra. (Kháng sinh chống lại *vi khuẩn,* và không có tác dụng chống virus.) Nếu liều kháng sinh của bạn không đủ để tiêu diệt vi khuẩn gây bệnh, thì thay vì chữa bệnh, nó lại có thể giúp vi khuẩn kháng kháng sinh sống sót. Những vi khuẩn đó có thể gây ra bệnh vô phương cứu chữa trong tương lai.

Bất chấp tất cả những vấn đề trên, các bác sĩ nắm trong tay những loại thuốc mạnh và hiệu quả hơn bao giờ hết. Một số loại, giống insulin, giúp kiểm soát hơn là chữa lành bệnh, nhưng dù sao

tất cả các loại thuốc hiện đại này vẫn cho công dân các nước "phát triển" cơ hội được sống lâu hơn. Tại nhiều nước "đang phát triển", tuổi thọ trung bình của người dân cũng đã tăng lên. Nhưng ở đó, những vấn đề nghiêm trọng vẫn tồn tại: không phải lúc nào người ta cũng dễ dàng đi khám bác sĩ, kiếm đủ thức ăn, được uống nước sạch, hay có một ngôi nhà đủ tiện nghi. Từ những năm đầu thập niên 90 của thế kỷ 20, khoảng cách giữa người giàu và người nghèo ở các nước giàu đã tăng lên, và khoảng cách giữa nước giàu và nước nghèo cũng tăng lên. Điều này không nên tồn tại.

Ngày nay, người ta phải chi rất nhiều tiền để cung cấp dịch vụ y tế. Chúng ta sử dụng nhiều công nghệ thông minh để chẩn đoán bệnh và sau đó chữa trị nó. Việc phát triển và thử nghiệm các thuốc mới ngày nay tiêu tốn nhiều tiền của hơn rất nhiều so với thời người ta nghiên cứu để sản xuất penicillin. Vì thế, chúng ta cần tự chăm sóc bản thân nếu có thể. Bất kể thuốc có tuyệt vời ra sao, câu "phòng bệnh hơn chữa bệnh" vẫn đúng.

Chương 37

Những khối cơ bản

Thời gian dần trôi qua, các nhà khoa học có xu hướng chuyên môn hóa trong lĩnh vực họ đã chọn. Các nhà sinh học vẫn theo truyền thống nghiên cứu sinh học, các nhà hóa học nghiên cứu hóa học, và các nhà vật lý học nghiên cứu vật lý học. Vậy điều gì đã xảy ra vào những năm 1930, khi đầu tiên là những nhà hóa học, sau đó đến những nhà vật lý học, quả quyết rằng đó là thời điểm thích hợp để họ nghiên cứu các vấn đề sinh học? Hóa học là môn nghiên cứu cách các chất kết hợp và phản ứng với nhau. Nhưng người ta ngày càng nhận ra rõ ràng rằng các sinh vật, đối tượng nghiên cứu của các nhà sinh học, được tạo thành từ một số nguyên tố trong bảng tuần hoàn của các nhà hóa học, ví dụ như carbon, hydro, oxy và nitro. Vật lý học là môn nghiên cứu vật chất và năng lượng, mà vào thời điểm đó các đối tượng nghiên cứu đều là nguyên tử và hạt hạ nguyên tử. Chẳng phải đó là một cách để người ta hiểu sâu hơn về các nguyên tố của các nhà hóa học sao? Tóm lại, chẳng lẽ hóa học và vật lý học lại không thể giải thích được các sinh vật dưới dạng một loạt những phản ứng hóa học và các cấu trúc nguyên tử? Và phải chăng việc đó có thể cho chúng ta một câu trả lời cho một trong những câu hỏi lâu đời nhất trong khoa học: Sự sống là gì?

Trong những thập niên đầu của thế kỷ 20, Thomas Hunt Morgan đã sử dụng những con ruồi giấm của ông để chứng minh rằng các nhiễm sắc thể trong nhân tế bào mang "chất" di truyền. "Chất" là một từ phù hợp. Các nhà di truyền học đã rất xuất sắc trong việc cho chúng ta biết chất này có tác dụng gì. Họ có thể cho ta thấy các gien khác nhau trên các phần khác nhau của một nhiễm sắc thể có thể dẫn đến sự hình thành của một con mắt hay một chiếc cánh như thế nào. Họ thậm chí có thể chứng minh rằng các đột biến do các tia X gây ra có thể dẫn đến những chiếc cánh có những hình dạng bất thường như thế nào, vì theo các nhà di truyền học, các tia X ảnh hưởng đến gien. Nhưng họ không biết gien là gì.

Có phải chất gien này là protein không? Protein đóng vai trò thiết yếu trong nhiều phản ứng diễn ra trong cơ thể chúng ta. Protein là nhóm hợp chất đầu tiên được các nhà sinh học phân tử nghiên cứu một cách hệ thống. Đúng như cái tên, sinh học phân tử là một môn khoa học tìm hiểu tính chất hóa học của các phân tử bên trong sinh vật, và cách chúng hoạt động. Đa số các protein là các phân tử rất lớn và phức tạp. Chúng được hình thành từ các nhóm amino acid, là những hợp chất nhỏ hơn và đơn giản hơn protein. Vì chúng là hợp chất đơn giản hơn, người ta gặp ít khó khăn hơn khi tìm hiểu xem amino acid được cấu tạo từ những gì, bằng cách sử dụng phương pháp phân tách và tổng hợp hóa học thông thường. Khoảng 20 amino acid là những khối cơ bản mà khi được kết hợp theo những cách khác nhau sẽ tạo nên tất cả các loại protein trong thực vật và động vật.

Làm sao những amino acid này liên kết với nhau để tạo thành protein là một câu hỏi khó hơn nhiều. Đây chính là lúc vật lý học bắt đầu phát huy vai trò – hóa ra tia X lại mang đến manh mối. Việc đầu tiên là phải tạo ra một tinh thể của protein mà bạn muốn nghiên cứu. Tiếp theo, bạn bắn phá tinh thể này bằng các tia X. Khi các tia X chạm vào tinh thể, chúng sẽ bị bẻ cong khi đi qua tinh thể, hoặc sẽ bật ngược lại theo một quy luật nhất định, được

gọi là phổ nhiễu xạ. Người ta có thể ghi lại phổ nhiễu xạ trên một tấm phim.

Đọc phổ nhiễu xạ thu được trên tấm phim là một việc phức tạp. Thứ bạn nhìn thấy là một bức ảnh rắc rối của vô cùng nhiều chấm và bóng đen. Bạn đang nhìn một hình ảnh phẳng, hai chiều, nhưng bạn phải tư duy ba chiều, và việc đeo kính 3D cũng không có tác dụng gì. Cùng với khả năng hình dung, bạn cũng cần có kiến thức tốt về hóa học và hiểu cách các nguyên tố liên kết với nhau. Và bạn cũng phải giỏi toán. Một người dám đương đầu với thử thách này là nhà hóa học Dorothy Hodgkin (1910–1994), làm việc tại Đại học Oxford. Chúng ta mắc nợ nghiên cứu tinh thể học tia X của bà, phần nào nhà nghiên cứu đó mà giờ chúng ta biết về cấu trúc của penicillin, vitamin B12 và insulin. Bà được trao giải Nobel năm 1964.

Linus Pauling (1901–1994) cũng giỏi sử dụng các tia X để tìm ra cấu trúc của các hợp chất hóa học phức tạp. Trong một loạt thí nghiệm xuất sắc, ông và các cộng sự đã chứng minh rằng nếu phân tử hemoglobin trong tế bào hồng cầu của chúng ta chỉ thiếu một amino acid, một chứng bệnh nghiêm trọng sẽ phát sinh: bệnh thiếu máu hồng cầu hình lưỡi liềm. (Thay vì có hình tròn, các tế bào hồng cầu chứa hemoglobin này có hình lưỡi liềm.) Khiếm khuyết phân tử này thường được phát hiện châu Phi, nơi bệnh sốt rét luôn hiện diện. Ngày nay người ta thấy rằng khiếm khuyết này lại có ích với những người mang nó, vì các tế bào hình lưỡi liềm góp phần bảo vệ cơ thể trước dạng nguy hiểm nhất của bệnh sốt rét. Đây là một ví dụ về sự tiến hóa của loài người trong thực tế. Những người chỉ mang tính trạng này (từ một gien đơn lẻ, được thừa hưởng theo nguyên lý mà Mendel đã khám phá ra đầu tiên khi nghiên cứu trên các cây đậu)§ tương đối thiếu máu, nhưng họ có khả năng kháng lại sốt rét cao hơn. Những cá nhân thừa hưởng gien hồng cầu hình lưỡi liềm từ cả cha và mẹ thường mắc bệnh thiếu máu trầm trọng. Các triệu chứng của thiếu máu do tế bào

hồng cầu hình lưỡi liềm đã được xác định từ đầu thế kỷ 20. Năm mươi năm sau, Pauling sử dụng những kỹ thuật sinh học phân tử mới để tìm hiểu chuyện gì đang xảy ra, và nghiên cứu của ông mở đầu một kỷ nguyên mới trong y học: y học phân tử.

Sau thành công với protein, Pauling gần như đã đạt được thành tựu lớn nhất: khám phá ra cấu trúc phân tử của gien. Các thí nghiệm sử dụng tia X của ông cho thấy nhiều protein, như các protein tạo nên tóc và cơ, hoặc protein mang oxy trên phân tử hemoglobin, có hình dạng đặc biệt. Chúng thường bện thành một dạng xoắn. Đến đầu những năm 1950, nhiều nhà khoa học đã nghĩ rằng gien được tạo thành từ acid deoxyribonucleic. Cái tên phổ biến hơn được dùng để nhắc đến hợp chất này là ADN, và nó cũng dễ phát âm hơn rất nhiều. ADN đã được phát hiện năm 1869, nhưng người ta đã mất một thời gian rất dài để hiểu chức năng và hình dạng của nó. Năm 1952, Pauling đưa ra ý kiến rằng nó là một phân tử dài, hình xoắn, được tạo thành từ ba mạch xoắn lại với nhau – gọi là chuỗi xoắn ba.

Khi Pauling đang làm việc tại California, hai nhóm ở nước Anh cũng đuổi theo ông sát nút. Tại King's College, London, nhà vật lý học Maurice Wilkins (1916–2004) và nhà hóa học Rosalind Franklin (1920–1958) đang biến bản thân thành những nhà sinh học phân tử. Franklin đặc biệt giỏi tạo ra và đọc những tấm hình do tinh thể học tia X tạo ra. Tại Cambridge, một người Mỹ trẻ có tên James Watson (sinh năm 1928), đã từ bỏ mối quan tâm khoa học trước đó của cậu với điểu học (bộ môn nghiên cứu chim) và lập nhóm với Francis Crick (1916–2004). Crick từng nghiên cứu vật lý, và sau khi làm việc với tư cách một nhà vật lý học cho Tổng bộ Hải quân Anh trong Thế chiến thứ hai, ông quay lại đại học với tư cách một sinh viên quá tuổi, lần này nghiên cứu sinh học. Watson và Crick sau này trở thành một trong những bộ đôi nổi tiếng nhất trong giới khoa học.

Crick chia sẻ kinh nghiệm của ông về phân tích cấu trúc protein bằng tia X. Ông và Watson biết rằng ADN được tìm thấy trên nhiễm sắc thể trong nhân tế bào, cũng chính là thành phần của tế bào mà Morgan đã phân tích 30 năm trước đó. Họ đã tạo ra các hình cắt giấy và các mô hình để giúp bản thân nhìn thấy những cấu trúc khả dĩ của ADN. Họ cũng được hưởng lợi từ những tấm ảnh mà Franklin đã tạo ra. Đầu năm 1953, họ tạo ra một mô hình mới, khớp với tất cả những dữ liệu trên các tấm ảnh tinh thể học tia X. Họ nói mô hình này là mô hình chính xác. Ăn mừng trong quán rượu đêm đó, như người ta đồn, họ tuyên bố đã tìm ra "bí mật của sự sống".

Nếu những khách uống rượu khác đêm đó có chút mơ hồ, phân vân chưa hiểu ý họ, thì những độc giả của tuần san khoa học *Nature* sẽ sớm hiểu ra. Crick và Watson công bố các phát hiện của họ trong số báo ra ngày 25 tháng Tư năm 1953, cũng là số báo có một bài nghiên cứu được nhóm Wilkins và Franklin London thực hiện. Nhưng chính Crick và Watson là những người chứng minh rằng ADN được tạo thành từ hai mạch xoắn với nhau, chứ không phải ba mạch như Pauling đã từng phát biểu. Hai mạch này được nối bởi những đoạn ngang – vì thế nó trông như một cái thang dài mềm dẻo, bị xoắn lại thành một dải xoắn dài. Hai thanh trụ đứng của thang này là một loại đường – kí hiệu D, tức phần *deoxyribo* của phân tử ADN và các photphat. Mỗi bậc thang được tạo thành từ một cặp phân tử: một cặp adenine và thymine hoặc một cặp cytosine và guanine. Những cặp này được gọi là các "cặp base" của các phân tử. Nếu đây chính là cấu trúc của gien thì nó giúp giải thích "bí mật của sự sống" như thế nào?

Các cặp base liên kết với nhau bằng các liên kết hydro. Khi các tế bào phân chia, chuỗi ADN này tháo xoắn, gần như thể đang "mở phéc-mơ-tuya". Hai nửa của ADN lúc này là hai bản mẫu để tế bào từ đó tạo ra hai chuỗi ADN giống hệt nhau. Như vậy Watson và Crick đã cho chúng ta thấy các gien có thể được di truyền từ cha

mẹ sang con như thế nào và làm sao các tế bào "con" lại chứa bộ gien giống tế bào "mẹ" ban đầu. Mô hình này đơn giản và tinh nhã, và nó dường như ngay lập tức trở thành điều hiển nhiên, không cần bàn cãi. Năm 1962, khi cộng đồng khoa học đã hoàn toàn công nhận cấu trúc và vai trò của ADN, Crick, Watson, và Wilkins cùng chia sẻ giải Nobel. Chỉ ba người có thể chính thức chia sẻ một giải Nobel. Nhưng không phải người ta cố tình phớt lờ công lao của Rosalind Franklin: bà đã qua đời do ung thư buồng trứng vào năm 1958, khi bà mới 38 tuổi.

Cùng với những người khác, Francis Crick tiếp tục giải thích tại sao gien quan trọng với các sinh vật đến vậy, bên cạnh vai trò của chúng trong di truyền. Hoạt động hằng ngày của gien là tạo ra protein. "Mã gien" này được tạo thành bởi ba bậc thang liên tiếp, và mỗi bộ ba bậc thang (hay còn gọi là một *codon)* chịu trách nhiệm về một amino acid riêng lẻ. Crick chỉ ra cách những phần nhỏ của phân tử ADN cung cấp mã cho các amino acid, thành phần cấu tạo nên các protein như hemoglobin và insulin. Các nhà di truyền học nhận ra rằng thứ tự của các cặp base trong phân tử ADN đóng vai trò quan trọng sống còn, vì thứ tự này quyết định amino acid nào sẽ được tổng hợp và ghép vào protein. Protein là các phân tử rất phức tạp, đôi khi có tới nhiều tá amino acid, vì thế một chuỗi ADN dài là thứ cần thiết để tạo ra một protein như vậy.

Khi đã hiểu những chức năng cơ bản của ADN, các nhà khoa học lúc này đã có thể lý giải những gì Morgan đã nhìn thấy trong phòng ruồi của ông. Morgan đã quan sát những đặc điểm có thể nhìn thấy bằng mắt của toàn bộ sinh vật – trong trường hợp này, là ruồi với những đôi mắt màu trắng bình thường hoặc đôi mắt màu đỏ đột biến. Loại tính trạng quan sát được bằng mắt này được gọi là *kiểu hình.* Từ nay, các nhà khoa học có thể bắt đầu nghiên cứu ở một cấp độ sâu hơn cấp toàn bộ cơ thể, tức ở cấp độ của gien, thứ sau này được biết đến với thuật ngữ *kiểu gien.*

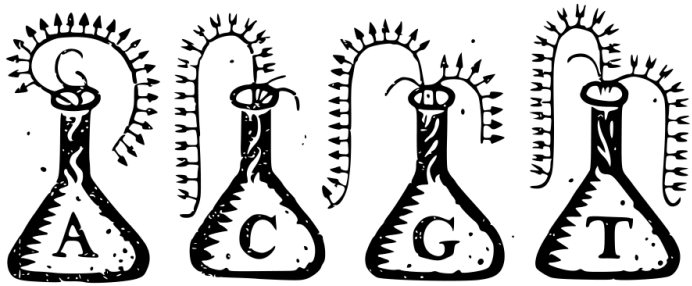
Việc khám phá ra cấu trúc của ADN là một bước ngoặt lớn trong lịch sử sinh học hiện đại. Nó cho thấy các nhà sinh học có thể tìm hiểu mọi sinh vật ở góc độ phân tử trong tế bào, trước đây là lãnh địa của các nhà hóa học. Giờ đây nó trở thành lĩnh vực mà mọi người đều muốn nghiên cứu. Các nghiên cứu sau đó chỉ ra rằng các amino acid và cả các protein được tạo thành trong tế bào chết, tức phần chất lỏng bao quanh nhân tế bào. Việc tìm hiểu cách hoạt động của nhà máy protein tí hon này bao gồm việc khám phá ra ARN. Đây là acid ribonucleic, tương tự ADN, nhưng chỉ có một mạch, thay vì hai, và một loại đường khác. ARN có vai trò quan trọng trong dòng lưu chuyển thông tin từ ADN trong nhân tế bào đến nhà máy protein trong tế bào chất.

Các nhà sinh học phân tử khi ấy sắp thay đổi hoàn toàn những kiến thức loài người đã biết về nguồn gốc của bệnh tật. Họ đã chỉ ra các protein như hormone insulin hoạt động như thế nào để điều tiết lượng đường trong máu. Họ hiểu rõ hơn về ung thư, một trong những căn bệnh thời hiện đại đáng sợ nhất. Mặc dù mọi loại ung thư có thể lan tràn khắp cơ thể, và vì thế trở thành một căn bệnh tổng quát, chúng đều bắt đầu từ chỉ một tế bào đột biến, vận hành không đúng quy luật và không chịu dừng phân chia khi đáng ra phải dừng lại. Những tế bào vô kiểm soát này rất tham lam. Chúng làm cạn kiệt dưỡng chất của cơ thể, và nếu chúng lan đến một cơ quan quan trọng của cơ thể, các tế bào ung thư sẽ ngăn cản hoạt động của cơ quan đó, dẫn đến tình trạng bệnh nghiêm trọng hơn. Việc tìm hiểu quá trình này xảy ra như thế nào ở cấp độ phân tử là thiết yếu trước khi người ta có thể phát triển các thuốc tốt hơn để làm chậm, hoặc thậm chí dừng quá trình này.

Nghiên cứu những quá trình năng động này ở những động vật lớn và phức tạp như con người là việc khó khăn, vì thế đa số nghiên cứu của các nhà sinh học phân tử phụ thuộc vào việc dùng các sinh vật đơn giản hơn. Nhiều nghiên cứu ban đầu về vai trò thực của ADN và ARN đã được thực hiện trên vi khuẩn, và các

nghiên cứu về ung thư sử dụng các động vật như chuột chẳng hạn. Chuyển những phát hiện này sang con người là không hề dễ, nhưng đó là cách khoa học hiện đại vận hành: đi từ thứ đơn giản hơn đến thứ phức tạp hơn. Phương pháp này đã giúp chúng ta hiểu được những quá trình đã thúc đẩy sự tiến hóa trong hàng triệu năm. Thì ra, ADN chính là phân tử kiểm soát vận mệnh của chúng ta.

← Tác giả đang nói đến những người chỉ thừa hưởng gien hồng cầu hình lưỡi liềm từ cha hoặc mẹ (mà không phải cả hai).



Chương 38

"Đọc cuốn sách sự sống"

Dự án bản đồ gien người

Con người có khoảng 22.000 gien (con số chính xác đang được các nhà khoa học tìm kiếm và sẽ được tương lai ghi nhận như một mốc quan trọng). Làm sao chúng ta biết được điều này? Vì các nhà khoa học trong các phòng thí nghiệm trên toàn thế giới đã cộng tác với nhau trong Dự án Bản đồ gien người. Dự án đầy tham vọng này đếm số lượng gien người bằng phương pháp giải trình tự ADN, và trả lời một câu hỏi còn bỏ ngỏ từ khi Crick và Watson tìm ra cấu trúc của ADN. Từ "giải trình tự" chỉ vị trí trên nhiễm sắc thể của từng cặp trong ba tỉ cặp base của những phân tử tạo nên bộ gien của chúng ta. Đó là vô số phân tử adenine và thymine, cytosine và guanine, được sắp xếp trong chuỗi xoắn kép trong nhân mỗi tế bào của chúng ta.

Nếu việc hiểu được ADN đã cho chúng ta "bí mật của sự sống", thì Dự án Bản đồ gien người là về việc đọc "cuốn sách sự sống". Vì đó chính là bản chất của bộ gien của chúng ta, những gien quy định tất cả những gì thuộc về bạn, từ màu tóc đến hình dạng của ngón chân út. Nó cũng quy định những thứ không dễ dàng nhìn được: những hướng dẫn để một tế bào trứng đã được thụ tinh nhân đôi thành hai, thành bốn, và rồi cứ thế thành cả một em bé

trong tử cung. Nó điều khiển những chương trình sinh học trong các tế bào tạo ra protein như hormone insulin để điều tiết lượng đường trong máu. Nó chạy những chương trình điều khiển các hóa chất trong não truyền các thông điệp từ một dây thần kinh sang dây thần kinh tiếp theo.

Dự án Bản đồ gien người bắt đầu năm 1990 và được cho là sẽ kết thúc vào năm 2005. Nhưng trong một khoảnh khắc kịch tính của khoa học, vào ngày 26 tháng Sáu năm 2000, tức 5 năm trước kế hoạch, một điều bất thường xảy ra. Giữa những kèn trống và phô trương, trên truyền hình trực tiếp, Tổng thống Hợp chúng quốc Hoa Kỳ và Thủ tướng Vương quốc Anh tuyên bố rằng bản dự thảo đầu tiên của dự án đã được hoàn thành. Họ đi cùng một số nhà khoa học đã tham gia vào dự án, nhưng sự hiện diện của hai nhà lãnh đạo thế giới là biểu thị cho tầm quan trọng của việc hiểu được bộ gien người.

Người ta cần đến ba năm nữa, đến năm 2003, để tạo ra được một phiên bản tốt hơn của cuốn sách sự sống này – điền vào những khoảng trống lớn và chỉnh sửa phần lớn những lỗi sai. Ngay cả thế, họ đã hoàn thành sớm hai năm so với thời hạn ban đầu. Trong những năm dự án được thực hiện, những phương pháp và công nghệ được các nhà khoa học sử dụng, đặc biệt là sự hỗ trợ của các máy tính, cũng đã có những bước tiến.

Dự án Bản đồ gien đã bắt nguồn từ nhiều thập kỉ nghiên cứu kế tiếp sự kiện phát hiện ra ADN. Sau khám phá của Crick và Watson vào năm 1953, một việc quan trọng cần làm là “nhân bản vô tính” các dải ADN, để thu được thêm nhiều bản sao của một đoạn phân tử ADN cụ thể mà bạn muốn nghiên cứu. Vào những năm 1960, các nhà sinh học phân tử khám phá ra rằng có thể thực hiện điều này bằng cách sử dụng các enzyme và vi khuẩn. Enzyme là các protein có thể làm đủ thứ, tùy thuộc vào cấu trúc riêng của chúng. Chúng được sử dụng ở đây để thực hiện một trong những nhiệm

vụ tự nhiên của chúng: cắt ADN thành nhiều đoạn nhỏ. Sau đó, những đoạn nhỏ này được đưa vào các vi khuẩn theo một cách đặc biệt. Các vi khuẩn sinh sản rất nhanh, và khi những vi khuẩn đã mang đoạn ADN này sinh sản, chúng tạo ra các bản sao của các đoạn ADN được đưa vào cơ thể chúng. Những bản sao này, còn được gọi là bản sao vô tính, có thể được các nhà khoa học thu hoạch để nghiên cứu. Quy trình này tạo ra nhiều phấn khích nhưng đó chỉ là khởi đầu. Toàn bộ tế bào cũng như các đoạn ADN đều có thể được nhân bản. Một con cừu tên Dolly đã trở thành động vật có vú đầu tiên được nhân bản từ một tế bào của một con cừu trưởng thành. Dolly sinh năm 1996 và mất năm 2003. Các kỹ thuật nhân bản vô tính tiếp tục phát triển và là một trong những lĩnh vực có những tin tức hấp dẫn báo chí nhất trong cả ngành nghiên cứu sinh học phân tử.

Giờ đây khi đã có nhiều đoạn ADN để thí nghiệm, các nhà khoa học bắt đầu cố gắng giải quyết vấn đề của phương pháp giải trình tự ADN: tìm ra thứ tự của các cặp base trong phân tử ADN. Đây là công việc dành cho nhà sinh học phân tử người Anh, Frederick Sanger (1918–2013), làm việc ở Cambridge. Sanger đã được trao giải Nobel năm 1958 nhờ thành tựu tìm ra thứ tự các amino acid trong protein insulin.

Một trong những điểm khác biệt quan trọng giữa các amino acid và ADN là phân tử ADN dài hơn nhiều, và số cặp base trong ADN lớn hơn số lượng amino acid trong protein rất rất nhiều. Các amino acid cũng ít tương đồng về mặt hóa học hơn, trong khi đó các cặp base của ADN lại rất giống nhau, khiến cho người ta khó xác định chúng hơn. Phát triển trên nền tảng nghiên cứu trước đó của chính ông và của những người khác, Sanger đã tìm ra một cách chuẩn bị những chuỗi ADN ngắn, sử dụng các chất đánh dấu phóng xạ, hóa chất và enzyme. Ông đã điều chỉnh nhiều phương pháp hóa sinh khác nhau cho phù hợp với nghiên cứu của mình nhằm tìm ra một cách tách adenine, thymine, cytosine, và guanine ra khỏi nhau. Để

làm việc này, ông đã khai thác thực tế rằng, vì là những hợp chất hóa học, các chất này có những đặc tính vật lý học và hóa học hơi khác nhau. Các kết quả tốt nhất đến từ một quy trình được gọi là *điện di.*

Để đảm bảo các kết quả đủ chính xác, Sanger và nhóm của ông xử lý nhiều bản sao của mỗi chuỗi một vài lần và so sánh các kết quả. Đó là một quy trình lặp đi lặp lại, rất tốn thời gian. Nhưng, bằng cách sử dụng nhiều chuỗi ngắn trong một phân tử dài, sau đó xem xét điểm chúng bắt đầu và kết thúc, họ đã ghép được các đoạn và tạo ra một chuỗi ADN có thể đọc được. Vào năm 1977, họ có được thành công đầu tiên trong việc đọc bộ gien của một sinh vật. Nó là một sinh vật có địa vị khiêm tốn trong giới khoa học, một thể thực khuẩn có tên ϕX174. Các thể thực khuẩn là những virus xâm nhiễm vi khuẩn, và ϕX174 là loại thường xuyên được sử dụng như một công cụ trong các phòng thí nghiệm sinh học phân tử. Vào năm 1980, Sanger được trao giải Nobel thứ hai cho nghiên cứu có giá trị khoa học quan trọng này.

Những bộ gien được nhắm tới tiếp theo cũng là những sinh vật trong phòng thí nghiệm. Bất chấp việc tạo ra một chuỗi ADN có thể đọc được khó khăn đến đâu, các nhà sinh học phân tử vẫn tiếp tục nghiên cứu của họ. Trong khi đó, các đột phá trong điện toán hỗ trợ họ phân tích mô hình sắp xếp của các cặp base trên các chuỗi ngắn. Các nhà khoa học quyết tâm tiếp tục một cách say mê. Nếu họ biết chính xác một sinh vật có gien nào, và mỗi gien đó có thể sản xuất ra loại protein nào, họ sẽ có thể hiểu được những điều rất cơ bản về cách sinh vật đó được tạo ra, tường tận đến từng tế bào theo đúng nghĩa đen, từ một quả trứng đã được thụ tinh cho đến khi trưởng thành.

Ruồi giấm là một ứng cử viên hiển nhiên cho nghiên cứu của họ. Thomas Hunt Morgan và nhóm của ông trước đó đã nghiên cứu nhiều về mô hình di truyền của nó, và đã phần nào ghi lại bản đồ

gien ở mức thô sơ trước năm 1950. Một ứng cử viên khác là một loài giun tròn nhỏ xíu có tên khoa học *Caenorhabditis elegans.* Chỉ dài 1 milimet, nó có chính xác 959 tế bào, bao gồm một hệ thần kinh đơn giản. Có thể nó không giống một con vật nuôi trong nhà, nhưng *C. elegans* là động vật phòng thí nghiệm mà Sydney Brenner (sinh năm 1927) ưa thích nhất trong rất nhiều năm. Từ Nam Phi, Brenner đến Phòng thí nghiệm Sinh học phân tử ở Cambridge năm 1956. Từ những năm 1960, ông đã nghiên cứu sự phát triển của loài giun tròn này, vì các tế bào của nó rất dễ quan sát. Ông cho rằng có thể xác định chính xác mỗi tế bào của phôi giun sẽ trở thành thứ gì ở con giun trưởng thành. Ông hy vọng rằng nếu ông có thể khám phá được bộ gien của loài giun này, ông sẽ có thể liên hệ gien của nó đến cách con giun trưởng thành thực hiện những chức năng sống.

Trong thời gian thực hiện nghiên cứu, Brenner và nhóm của ông cũng học được rất nhiều về những vòng đời bình thường của các tế bào trong một động vật, bao gồm một việc rất quan trọng mà tế bào phải thực hiện: chết đi khi đến thời điểm để chết. Thực vật và động vật luôn luôn tạo ra các tế bào mới: hãy nghĩ đến da của bạn và cách nó bong ra khi bạn ngồi trong bồn tắm lâu. Chúng ta thải những thứ đã chết, và những tế bào mới đầy sức sống, sẽ thế chỗ tế bào chết từ bên dưới. Tất cả quá trình sinh ra rồi chết đi ấy trong cơ thể một sinh vật là một đặc điểm bình thường của tự nhiên, và các gien lập trình quá trình này. Đó là lý do vì sao các tế bào ung thư nguy hiểm đến vậy: chúng không biết khi nào là thời điểm chúng phải chết đi. Việc cố gắng tác động lên phần gien không hoàn thành nhiệm vụ báo cho tế bào biết thời điểm để dừng phân chia là một phần quan trọng trong nghiên cứu ung thư hiện đại. Brenner và hai cộng sự của ông đã được trao giải Nobel vào năm 2002 cho nghiên cứu của họ trên loài giun tròn nhỏ bé khiêm nhường.

Đến thời điểm này, một trong những cộng sự đó, John Sulston

(1942–2018), đang dẫn đầu một nhóm người Anh tham gia vào Dự án Bản đồ gien người. Dự án này mang ý nghĩa biểu tượng của khoa học hiện đại. Thứ nhất, nó tốn kém và hàng nghìn người đã tham gia vào dự án. Nhà khoa học thời hiện đại hiếm khi làm việc đơn độc, và chuyện một bài nghiên cứu khoa học ngày nay có hàng chục, thậm chí hàng trăm tác giả là một việc hết sức bình thường. Nghiên cứu có thể đòi hỏi nhiều cá nhân với những kĩ năng khác nhau. Một quãng thời gian dài đã trôi qua kể từ thời William Harvey một mình nghiên cứu quả tim, hay Lavoisier làm việc trong phòng thí nghiệm với trợ lý duy nhất là vợ ông. Một vài phòng thí nghiệm cộng tác với nhau trong việc giải trình tự bộ gien người. Họ chia các nhiễm sắc thể thành nhiều phần để giao cho các phòng thí nghiệm, vì thế tinh thần hợp tác và sự tin tưởng lẫn nhau là cần thiết, và mọi phòng thí nghiệm phải tạo ra những chuỗi trình tự đạt được những tiêu chuẩn cao giống nhau. Điều này đòi hỏi ADN được chia thành nhiều phần nhỏ hơn nữa, và sau đó phân tích bằng máy tính để ghép chúng lại với nhau thành một trình tự duy nhất. Việc vận hành các phòng thí nghiệm này rất tốn kém, vì thế người ta cần đến nguồn tài trợ hào phóng. Tại Hoa Kỳ, nguồn tài trợ này được cung cấp bởi các phòng thí nghiệm được chính phủ hỗ trợ, thuộc Viện Y học Quốc gia và các nơi khác. Tại Liên hiệp Anh, đầu tiên là hỗ trợ tài chính của chính phủ, sau đó là một quỹ từ thiện tư nhân lớn phục vụ nghiên cứu y học, Quỹ Wellcome, trang trải kinh phí cho nghiên cứu này. Chính phủ Pháp và Nhật cũng cấp kinh phí cho các phòng thí nghiệm nhỏ, khiến dự án này thật sự có tính quốc tế.

Thứ hai, dự án này, và chính nền khoa học hiện đại, sẽ là bất khả thi nếu không có máy tính. Các nhà khoa học phải phân tích những lượng thông tin lớn khi họ xem xét từng đoạn ADN và cố gắng tìm xem nó bắt đầu và kết thúc ở đâu. Đối với con người việc này là quá tải, nhưng máy tính lại thực hiện nó rất nhanh. Nhiều dự án khoa học hiện nay tuyển những người chỉ có nhiệm vụ

chăm sóc các máy tính và các chương trình máy tính, chứ không phải các con ruồi giấm hay ống nghiện.

Thứ ba, khoa học hiện đại là một ngành kinh doanh lớn, sinh ra cũng như tiêu tốn rất nhiều tiền. Dự án Bản đồ gien người trở thành một cuộc đua giữa những nhóm nhận được tài trợ từ nguồn tài chính công với một công ty tư nhân do một doanh nhân người Mỹ Craig Venter (sinh năm 1946) thành lập. Venter, một nhà khoa học có tài năng thiên bẩm, đã góp phần phát triển một số thiết bị có thể tăng tốc quá trình giải trình tự ADN. Ông muốn trở thành người đầu tiên giải mã được bộ gien người, đăng kí bản quyền kiến thức này và thu phí từ những nhà khoa học và công ty dược phẩm sử dụng thông tin của ông. Kết quả cuối cùng là một sự thỏa hiệp. Toàn bộ bộ gien người sẵn có để truy cập miễn phí, nhưng một vài phương pháp sử dụng thông tin này có thể được đăng kí bản quyền, và các dược phẩm hoặc phương pháp xét nghiệm bắt nguồn từ các thông tin ấy có thể được bán để thu lợi nhuận. Và tất nhiên, ngày nay người ta trả tiền để ADN của họ được giải trình tự, với hy vọng rằng những gì họ biết được sẽ giúp họ duy trì sức khỏe và tránh được những căn bệnh có thể ảnh hưởng đến họ trong tương lai.

Cuối cùng, dự án bản đồ gien là một ví dụ xác thực về "cơn sốt" xung quanh ngành khoa học quan trọng thời nay. Các nhà khoa học phải cạnh tranh để lấy những khoản trợ cấp hiếm hoi, và đôi khi phóng đại tầm quan trọng của nghiên cứu của họ để lấy được những khoản hỗ trợ tài chính. Các nhà báo tường thuật lại những câu chuyện của họ, gán cho chúng những thứ hào nhoáng kịch tính nhất mà nhà báo có thể gán, vì khoa học bình thường không phải là tin tức. Mỗi công bố mới về một khám phá hoặc đột phá làm tăng sự kỳ vọng từ công chúng, rằng một phương pháp chữa lành hoặc điều trị sẽ sớm xuất hiện. Nhưng trong hầu hết các trường hợp, khoa học cần nhiều thời gian để người ta nhận ra những tác dụng dài hạn của nó. Kiến thức mới *luôn* được bổ sung mỗi ngày,

và các phương pháp điều trị mới *luôn* được giới thiệu đều đặn. Nhưng phần lớn khoa học tiến lên từng chút một, và những cơn sốt truyền thông hiếm khi tập trung vào đúng vấn đề.

Tuy nhiên, việc có thể đọc được bộ gien người vẫn là một thành tựu to lớn, vì nó có thể cho chúng ta hiểu biết chính xác hơn rất nhiều về sức khỏe và bệnh tật. Vào thời điểm thích hợp, nó sẽ giúp chúng ta phát triển những loại thuốc mới chống ung thư, bệnh tim, tiểu đường, chứng suy giảm trí nhớ, và các căn bệnh chết người khác của thời hiện đại. Chúng ta đều sẽ có được cuộc sống lành mạnh hơn nhờ nghiên cứu quan trọng này, trong đó có sự góp sức của các nhà khoa học từ nhiều lĩnh vực và nhiều quốc gia.

Chương 39

Vụ nổ Lớn

Nếu người ta làm một bộ phim về lịch sử Vũ Trụ, điều gì sẽ xảy ra nếu bạn xem nó ngược dòng thời gian? Khoảng năm tỉ năm trước, hành tinh của chúng ta sẽ biến mất từ những mảnh vụn của hệ Mặt Trời, và đây có lẽ là lúc nó được hình thành. Tiếp tục đi ngược về điểm khởi đầu và chuyện gì xảy ra vào lúc đó? Vụ nổ Lớn: một vụ nổ mạnh đến nỗi người ta vẫn cảm thấy nhiệt độ và lực của nó vào thời điểm 13,8 tỉ năm sau đó.

Ít nhất, đây cũng là giả thuyết mà các nhà khoa học từ những năm 1940 bắt đầu đề xuất với niềm tin ngày càng tăng. Vũ Trụ đã bắt đầu từ một điểm, một trạng thái đậm đặc, nóng đến mức không thể tưởng tượng, và sau đó Vụ nổ Lớn xảy ra. Kể từ thời khắc đó, nó vẫn đang nguội lại và mở rộng, đưa các thiên hà ra xa điểm khởi đầu này. Vũ Trụ của chúng ta năng động và lý thú, mà trong đó chúng ta chỉ là những hạt bụi nhỏ nhất trong những hạt rất nhỏ. Nó được cấu thành từ các ngôi sao, hành tinh và sao chổi, tạo thành các thiên hà mà con người có thể quan sát, cũng có rất nhiều thứ ta không thể quan sát được – các hố đen, và cả lượng "vật chất tối" lẫn "năng lượng tối" nhiều hơn hẳn.

Vậy, có phải Vụ nổ Lớn thực sự đã xảy ra, và nó có thể giải thích được Vũ Trụ không? Dĩ nhiên, không ai có mặt ở đó vào thời

điểm đó để bắt đầu ghi hình. Và điều gì xảy ra ngay trước Vụ nổ Lớn? Đây là những câu hỏi mà người ta không thể trả lời chắc chắn, nhưng chúng liên quan rất nhiều đến vật lý học tân tiến nhất và Vũ Trụ học (bộ môn nghiên cứu Vũ Trụ). Chúng đã dẫn đến nhiều cuộc tranh luận trong khoảng nửa thế kỷ vừa qua. Và hiện tại các tranh luận vẫn đang tiếp diễn.

Vào khoảng năm 1800, Laplace, một người Pháp tin theo thuyết Vũ Trụ của Newton, đã phát triển thuyết tinh vân của mình (Chương 18). Ông chủ yếu nhắm đến lập luận rằng hệ Mặt Trời đã phát triển từ một đám mây khí khổng lồ. Giả thuyết này đã thuyết phục được nhiều người rằng Trái Đất có một lịch sử cổ xưa và giúp giải thích những tính chất của nó, Ví dụ như nhiệt lượng tại lõi của Trái Đất, hóa thạch và các đặc điểm địa chất khác. Nhiều nhà khoa học thế kỷ 19 đã tranh luận sôi nổi về tuổi của Trái Đất và của thiên hà chúng ta, dải Ngân Hà. Trong những thập niên đầu thế kỷ 20, hai bước tiến mới đã khiến các câu hỏi thay đổi hoàn toàn.

Đầu tiên là Thuyết Tương đối rộng của Einstein, với những gợi ý quan trọng cho thời gian và không gian (Chương 32). Bằng việc nhấn mạnh rằng hai thứ này liên kết mật thiết với nhau, thực chất chỉ là một "không gian–thời gian", Einstein đã bổ sung một chiều mới cho Vũ Trụ. Nghiên cứu bằng toán học của Einstein cũng gợi ý rằng không gian là cong, vì thế hình học Euclid không thể cho chúng ta những giải thích thỏa đáng với những khoảng cách cực lớn trong không gian. Trong Vũ Trụ Euclid, các đường song song kéo dãi mãi mãi, và không bao giờ gặp nhau. Nhưng Vũ Trụ ấy giả thiết rằng không gian là phẳng. Trong một thế giới phẳng và tuân theo giả thuyết của Euclid, tổng các góc trong của một tam giác luôn bằng 180 độ. Nhưng nếu bạn đo một tam giác trên một mặt cầu, với bề mặt cong của nó, nguyên lý của Euclid không giải quyết được vấn đề. Và nếu chính không gian là cong, thì chúng ta cần đến những dạng toán học khác để tính toán.

Khi đã chấp nhận những sự thật quan trọng trong nghiên cứu xuất sắc của Einstein, các nhà vật lý học và Vũ Trụ học có những tư duy mới để triển khai. Trong khi cuộc cách mạng mà Einstein mang đến hầu như mang tính lý thuyết, bước tiến quan trọng thứ hai trong Vũ Trụ học không hề như vậy. Nó dựa vững chắc trên những quan sát thực tế, đặc biệt là những quan sát của nhà thiên văn học người Mỹ Edwin Hubble (1889–1953). Hubble được vinh danh vào năm 1990 khi một tàu con thoi đưa một kính viễn vọng Vũ Trụ mang tên ông vào quỹ đạo quanh Trái Đất. Kính viễn vọng Không gian Hubble gần đây đã tiết lộ nhiều điều, thậm chí nhiều hơn những gì ông đã có thể quan sát với kính viễn vọng ở đài quan sát trên núi Wilson California, nơi ông làm việc. Vào những năm 1920, Hubble đã quan sát được xa hơn bất cứ nhà thiên văn nào trước đó. Ông cho chúng ta thấy rằng thiên hà của chúng ta (dài Ngân Hà) thậm chí còn không phải là điểm khởi đầu của phần kết của Vũ Trụ. Nó là một trong hàng nghìn thiên hà khác mà ta không thể đếm xuể, trải ra trong không gian xa hơn cả những nơi mà kính viễn vọng có thể quan sát.

Các nhà Vũ Trụ học cũng nhớ đến Hubble qua con số đặc biệt, "hằng số" gắn liền với tên ông. (Có thể bạn nhớ hằng số Planck, cũng là một ý tưởng tương tự.) Khi ánh sáng đi theo chiều ra xa chúng ta, nó chuyển phổ sóng của nó sang vùng biên màu đỏ trong phổ ánh sáng con người nhìn thấy được. Đây được gọi là "dịch chuyển đỏ". Nếu ánh sáng đi về phía chúng ta, phổ sóng của nó chuyển về vùng biên còn lại trong phổ ánh sáng con người nhìn thấy được, tức "dịch chuyển xanh". Đây là một hiệu ứng mà các nhà thiên văn học có thể dễ dàng đo được, và nó sinh ra nhờ chính thứ khiến cho âm thanh con tàu phát ra khi nó đi về phía bạn nghe khác với âm thanh khi nó đi ra xa bạn. Điều Hubble nhìn thấy là ánh sáng từ những ngôi sao rất xa có dịch chuyển đỏ, và ngôi sao ở càng xa thì sự dịch chuyển càng lớn. Điều này nói cho ông biết rằng các ngôi sao đang dịch chuyển ra xa khỏi chúng ta, và càng xa

chúng ta, chúng càng dịch chuyển nhanh hơn. Vũ Trụ đang mở rộng, và nó có vẻ đang mở rộng với tốc độ ngày càng cao. Hubble đo khoảng cách từ các ngôi sao đến chúng ta và mức độ của sự dịch chuyển đỏ. Các kết quả đo của ông nằm trên một đường gần như thẳng khi ông biểu diễn chúng trên một biểu đồ. Dựa vào đây, ông tính được "hằng số Hubble" mà sau này ông công bố trong một bài báo khoa học rất quan trọng vào năm 1929. Con số phi thường này cho các nhà Vũ Trụ học một phương pháp tính tuổi của Vũ Trụ.

Kể từ đó, hằng số Hubble vẫn luôn được tinh chỉnh. Những quan sát mới đã tìm thấy những ngôi sao thậm chí ở xa hơn, và hiện nay chúng ta có thể thực hiện những phép đo dịch chuyển đỏ chính xác hơn. Một vài ngôi sao trong số này cách chúng ta hàng triệu năm ánh sáng. Một năm ánh sáng dài khoảng 9,5 nghìn tỉ kilomet trên Trái Đất. Một tia sáng chỉ cần 8 phút để đi từ Mặt Trời đến Trái Đất. Nếu tia sáng đó bật ngược trở lại Mặt Trời, nó có thể thực hiện 32.000 hành trình khứ hồi như vậy trong một năm – đây là một cách khác để đánh giá đúng những khoảng cách cực lớn trong các hành trình trên. Và cả những khoảng thời gian cực lớn. Một phần những thứ chúng ta nhìn thấy trên bầu trời đêm là những tia sáng bắt đầu hành trình của chúng rất rất lâu trước khi chúng tới mắt chúng ta, phát ra từ các ngôi sao đã biến mất kể từ khi những tia sáng đó đi khỏi. Để có được một giá trị thực sự chính xác của hằng số Hubble, chúng ta cần biết chính xác khoảng cách từ những ngôi sao và các thiên hà này đến chúng ta. Nhưng bất chấp những khó khăn đó, vai trò quan trọng của hằng số Hubble chính là việc nó có thể cho chúng ta biết tương đối chính xác những ngôi sao và thiên hà kia đã di chuyển được bao lâu. Điều này cho chúng ta biết được tuổi của Vũ Trụ – bắt đầu từ Vụ nổ Lớn.

Thuyết Vụ nổ Lớn được phổ biến vào những năm 1940 nhờ công của George Gamow (1904–1968). Gamow là một nhà vật lý

học gốc Nga thú vị, đến nước Mỹ vào đầu thập niên 30 của thế kỷ 20. Ông có một tư duy sáng tạo tuyệt vời, đóng góp các ý tưởng cho sinh học phân tử, cũng như vật lý học và thuyết tương đối. Cùng với một cộng sự, ông khám phá ra rằng ở cấp độ siêu nhỏ, hạt nhân nguyên tử phóng ra các electron (các hạt beta) như thế nào. Ở quy mô lớn, ông quan sát cách các tinh vân, những đám mây khổng lồ gồm các hạt nóng và bụi Vũ Trụ, hình thành. Thuyết Vụ nổ Lớn của ông, được ông cùng các cộng sự khởi đầu từ năm 1948, được xây dựng dựa trên kiến thức về những thành phần nhỏ nhất cấu thành nên nguyên tử, kết hợp với một mô hình của những gì có thể đã xảy ra khi Vũ Trụ khởi đầu.

Đầu tiên, các thành phần: các hạt và các lực. Vào những năm cuối của thập niên 40, phân nhánh này của vật lý học được gọi là *điện động lực học lượng tử* hay ngắn gọn là QED. Người đàn ông đã giúp chúng ta hiểu rõ bản chất của nó là nhà vật lý học người Mỹ Richard Feynman (1918–1988). Ông nổi tiếng với những biểu đồ ông vẽ (đôi khi trên những chiếc khăn ăn ở nhà hàng) nhằm giải thích những lý thuyết và nguyên lý toán học của ông, và với cả khả năng chơi trống bongo. Ông được trao giải Nobel năm 1965, chủ yếu nhờ nghiên cứu của ông về QED, bộ môn cung cấp những nguyên lý toán học phức tạp để mô tả những lực và hạt thậm chí còn nhỏ hơn nguyên tử mà chúng ta sẽ xem xét dưới đây.

Sau Thế chiến thứ hai, các nhà vật lý học nghiên cứu hạt tiếp tục công việc gia tốc nguyên tử và sau đó là gia tốc các hạt trong những máy gia tốc ngày càng mạnh hơn. Các máy gia tốc có thể phá vỡ các nguyên tử thành các hạt hạ nguyên tử, việc này giống như đảo ngược lại những gì đã xảy ra ngay sau Vụ nổ Lớn. Ngay sau Vụ nổ Lớn, khi quá trình nguội đi bắt đầu diễn ra, các khối cơ bản của vật chất bắt đầu hình thành. Các nguyên tử ra đời từ các hạt, các nguyên tố ra đời từ các nguyên tử, và cứ thế cho tới các hành tinh và các ngôi sao, Như công thức $E = mc^2$ của Einstein đã cho chúng ta biết, những vận tốc liên tục tăng cao, gần bằng vận

tốc ánh sáng, trong các máy gia tốc, khối lượng hầu như được chuyển hết thành năng lượng. Các nhà vật lý học phát hiện ra rằng những hạt cực nhanh này làm những điều cực kì thú vị. Electron đi ra từ máy gia tốc mà không hề thay đổi và hoàn toàn không được cấu thành từ bất cứ thứ gì khác ngoài chính nó. Nó là một thành viên trong gia đình các hạt lực – các hạt *lepton.* Các hạt proton và neutron hóa ra được cấu thành bởi các hạt còn nhỏ hơn gọi là hạt *quark.* Có một số loại hạt quark khác nhau. Mỗi loại mang một điện tích. Kết hợp với nhau thành các bộ ba, chúng tạo ra một neutron hay một proton.

Vũ Trụ có bốn lực cơ bản.§ Tìm hiểu cách chúng liên hệ với nhau là một trong những hành trình vĩ đại nhất của thế kỷ 20. *Lực hấp dẫn* là lực yếu nhất, nhưng có tác dụng ở khoảng cách vô hạn. Người ta vẫn chưa hoàn toàn hiểu được nó, mặc dù chúng ta đã chính thức trăn trở về nó từ thời quả táo của Newton. *Điện từ* liên quan đến nhiều khía cạnh của tự nhiên. Nó giữ các electron nằm trong quỹ đạo của chúng bên trong nguyên tử, và, ở dạng ánh sáng, báo tin cho chúng ta hằng ngày rằng Mặt Trời vẫn đang chiếu sáng. Cũng nằm bên trong nguyên tử là các *lực hạt nhân mạnh* và *lực hạt nhân yếu.* Hai lực này ràng buộc các hạt bên trong hạt nhân nguyên tử.

Ngoại trừ lực hấp dẫn, các lực khác vận động dựa trên sự trao đổi của các hạt đặc biệt, các hạt mang lực, gọi là các *boson.* Những hạt này bao gồm photon, tức lượng tử ánh sáng của Einstein, cũng chính là hạt boson của điện từ. Tuy nhiên, có lẽ hạt boson nổi tiếng nhất là hạt boson chưa được tìm thấy: hạt Higgs. Các nhà vật lý hạt vẫn luôn tìm kiếm nó từ những năm 1960. Hạt boson này được cho là tạo ra khối lượng cho các hạt khác. Việc tìm được nó sẽ giúp giải thích làm thế nào các hạt có được khối lượng ngay lập tức sau vụ nổ. Trong máy gia tốc hạt lớn nhất thế giới, máy gia tốc hạt lớn Hadron (LHC) gần Geneva, Thụy Sỹ, các nhà khoa học nghĩ rằng họ đã chớp được một thoáng nó xuất hiện trên các dụng cụ

của họ vào năm 2012. Máy LHC được Tổ chức Nghiên cứu Hạt nhân châu Âu (CERN)§ xây dựng từ năm 1998 đến năm 2008. CERN được thành lập năm 1954, Nó là một tổ chức khoa học hợp tác của một vài quốc gia châu Âu, ra đời do vấn đề chi phí cao của nghiên cứu vật lý học, và do cả nhu cầu về số lượng lớn các nhà khoa học, kỹ thuật viên, và nhân viên máy tính để triển khai và giải nghĩa các thí nghiệm này ở các cực hạn của vật chất và năng lượng.

Hạt Higgs sẽ là một mảnh cực kì hữu ích (nhưng không phải mảnh cuối cùng) trong một bức tranh ghép hình lớn được biết đến với cái tên Mô hình tiêu chuẩn, thứ giải thích được mọi điều ngoại trừ lực hấp dẫn. Và một Mô hình tiêu chuẩn được xác nhận sẽ tiến gần tới một "Thuyết Vạn vật", có thể là thông qua lý thuyết dây, một phương pháp phân tích tất cả những lực và hạt nói trên. Lý thuyết dây dựa trên giả thiết rằng những lực cơ bản của tự nhiên này có thể được xem như những sợi dây, có tính một chiều trong không gian, đang rung động. Nó sử dụng những kiến thức toán học rất phức tạp. Lý thuyết khoa học này vẫn đang trong giai đoạn hình thành.

Khó có thể liên hệ nhiều kiến thức trong vật lý hạt ở cấp độ siêu nhỏ này với thế giới bình thường mà chúng ta đang sống, Nhưng các nhà khoa học đang tìm ra ngày càng nhiều ứng dụng cho chúng trong lĩnh vực năng lượng nguyên tử, truyền hình, máy tính, tính toán lượng tử và trang thiết bị kiểm tra y tế. Vượt ra ngoài giới hạn của những công dụng quan trọng này trong đời sống hằng ngày của chúng ta, vẫn còn nhiều điều để tìm hiểu, khi mà giả thuyết về Vụ nổ Lớn đã tìm được chỗ đứng trong việc lý giải những thứ nhìn thấy được lẫn không nhìn thấy được ở những miền không gian xa xôi.

Vào những năm 1920, nhà vật lý học người Nga, Alexander Friedman (1888–1925) là một trong những người nhanh chóng tiếp

thu Thuyết Tương đối rộng của Einstein vào kiến thức có tính toán học của riêng ông về Vũ Trụ. Các phương trình Friedman của ông đã cung cấp những quy luật cho một Vũ Trụ đang giãn nở. Friedman cũng tự hỏi việc chúng ta quan sát các ngôi sao từ Trái Đất có phải là vấn đề quan trọng không. Trái Đất là một nơi đặc biệt đối với chúng ta, nhưng có phải nó đã cho chúng ta một địa điểm độc nhất vô nhị để quan sát Vũ Trụ? Ông trả lời: không, nó không quan trọng. Nó chỉ là nơi mà chúng ta tình cờ tồn tại. Mọi thứ trông sẽ không khác đi nếu chúng ta ở trên một hành tinh nào đó khác, ở cách Trải Đất nhiều năm ánh sáng. Đây được gọi là hằng số Vũ Trụ học Friedman. Nó cho chúng ta một ý tưởng quan trọng khác: vật chất được phân bố đồng đều trong khắp Vũ Trụ. Tất nhiên, có những khác biệt mang tính cục bộ, ví dụ như Trái Đất có mật độ vật chất cao hơn hẳn vùng không gian xung quanh nó. Nhưng trải rộng trên tất cả không gian, nguyên lý này có vẻ chính xác. Ngày nay, các nhà Vũ Trụ học vẫn lấy các mô hình của Friedman làm cơ sở cho nhiều khám phá của họ. Họ cũng phải đương đầu với những thứ kì bí như các hố đen và vật chất tối.

Hai thành viên của Hội Hoàng gia đã từng thảo luận về ý tưởng một “ngôi sao tối” trong thế kỷ 18. Việc mô tả khái niệm tương đương của nó trong khoa học hiện đại, “hố đen”, là công của một thiên tài toán học hiện đại, Roger Penrose (sinh năm 1931), và một nhà vật lý lý thuyết xuất sắc, Stephen Hawking (1942–2018). Cho đến khi nghỉ hưu, Hawking giữ vị trí cũ của Newton, Giáo sư Toán học Lucasian tại Đại học Cambridge. Cùng nhau, họ đã giải thích tại sao người ta dễ dàng tưởng tượng ra các hố đen, nhưng dĩ nhiên không thể nhìn thấy chúng. Đó là do chúng được tạo ra bởi các vùng trong không gian mà tại đó các ngôi sao sắp chết dần dần co lại. Khi vật chất còn lại của các ngôi sao này nén đậm đặc lại với nhau, các lực hấp dẫn trở nên mạnh đến nỗi các hạt photon của ánh sáng bị giữ lại và không thể thoát ra.

Tồn tại cả các hố đen siêu lớn. Vào năm 2008, siêu hố đen của

chính dải Ngân Hà, hố đen Sagittarius A*, được xác định tồn tại sau một cuộc săn tìm kéo dài 16 năm với các kính viễn vọng ở Chile. Các nhà thiên văn học, dẫn đầu bởi một người Đức, Reinhard Genzel (sinh năm 1952) đã quan sát các quy luật di chuyển của các ngôi sao có quỹ đạo xoay quanh hố đen trung tâm của thiên hà này. Họ sử dụng các phép đo ánh sáng hồng ngoại vì có quá nhiều bụi Vũ Trụ giữa các hố đen và chúng ta, những người cách hố đen đó đến 27.000 năm ánh sáng.

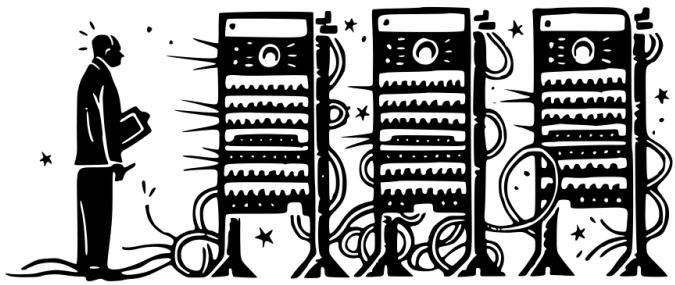
Những hố đen siêu lớn có thể đóng một vai trò nào đó trong sự hình thành các thiên hà và liên quan đến một phần khác của không gian mà chúng ta không thể nhìn thấy trực tiếp: vật chất tối. Vật chất tối được cho là chiếm phần lớn Vũ Trụ, ở mức 80% vật chất của Vũ Trụ, so với con số 4% của khí và bụi Vũ Trụ cùng với các ngôi sao và hành tinh mà chúng ta nhìn thấy được. Vật chất tối lần đầu tiên được nghĩ đến vào những năm 1930, để giải thích tại sao những mảng lớn của Vũ Trụ lại không vận động chính xác như những gì người ta đã dự đoán. Các nhà khoa học nhận ra rằng có một sự không trùng khớp giữa khối lượng của các phần nhìn thấy được và hiệu ứng hấp dẫn của chúng: còn thiếu một thứ gì đó. Vào những năm 1970, nhà thiên văn học Vera Rubin (1928–2016) đã lập biểu đồ tốc độ của các ngôi sao ở rìa các thiên hà. Chúng di chuyển nhanh hơn vận tốc mà người ta tính toán ra cho chúng. Theo tư duy truyền thống, người ta nghĩ rằng càng xa trung tâm của dải ngân hà, các ngôi sao phải di chuyển càng chậm. Vật chất tối hẳn đã cung cấp phần lực hấp dẫn bổ sung cần thiết để tăng tốc cho các ngôi sao. Như vậy, một cách gián tiếp, bằng chứng về sự tồn tại của vật chất tối đã được cung cấp và nhìn chung, nó được chấp nhận. Nhưng *bản chất* của vật chất tối vẫn là một bí ẩn, và là một thứ gì đó khác sẽ được tìm thấy hoặc bị bác bỏ trong tương lai.

Vũ Trụ học hiện đại đã ra đời từ các học thuyết của Einstein, từ hàng nghìn hàng nghìn quan sát, với các máy tính để phân tích dữ

liệu của các quan sát đó, và từ ý tưởng của Gamow về Vụ nổ Lớn. Giống bất cứ lý thuyết tốt nào trong khoa học, Vu nổ Lớn vẫn luôn thay đổi kể từ thời của Gamow. Trên thực tế, trong hai thập kỷ từ khi nó được công bố vào năm 1948, các nhà vật lý học gần như không bận tâm đến nghiên cứu nguồn gốc Vũ Trụ. Vụ nổ Lớn phải cạnh tranh với một mô hình Vũ Trụ khác, được gọi là mô hình "trạng thái dừng", chủ yếu gắn với tên tuổi nhà thiên văn học Fred Hoyle (1915–2001). Mô hình của Hoyle được một số người ủng hộ vào những năm 1950. Nó đề xuất một Vũ Trụ vô tận, với sự hình thành liên tục của vật chất mới. Trong trạng thái này, Vũ Trụ không có điểm khởi đầu và điểm kết thúc. Giả thuyết về trạng thái dừng có quá nhiều lỗ hổng đến nỗi nó có một đời sống khoa học cực ngắn.

Các nhà vật lý học hiện nay đã có thông tin về những hạt và lực chỉ tồn tại trong thời gian ngắn, tập trung trong các máy gia tốc hạt. Họ đã quan sát được các miền không gian xa xôi. Họ đã có thể tinh chỉnh những gì chúng ta biết về Vụ nổ Lớn. Vẫn còn nhiều bất đồng ý kiến về các chi tiết, và thậm chí về một số nguyên lý cơ bản, nhưng điều này không hề bất thường trong khoa học. Mô hình Vụ nổ Lớn có thể giúp giải thích nhiều thứ mà hiện nay con người đã có thể đo lường, bao gồm các dịch chuyển đỏ của các ngôi sao ở xa, bức xạ nền Vũ Trụ và các lực nguyên tử cơ bản. Nó cũng đưa ra lý giải về hố đen và vật chất tối một vị trí trong hệ thống lý thuyết của nó. Điều mà mô hình này không làm, là giải thích *tại sao* Vụ nổ Lớn xảy ra. Nhưng, xét cho cùng, khoa học trả lời câu hỏi như thế nào, chứ không phải câu hỏi tại sao. Giống như trong mọi nhánh của khoa học, một số nhà vật lý học và Vũ Trụ học có đức tin tôn giáo và nhiều người khác lại không. Nó cần phải như vậy. Khoa học tốt nhất luôn được tiến hành trong một bầu không khí của sự dung hòa.

← Còn được gọi là bốn tương tác cơ bản. ← Nguyên văn: European Organisation for Nuclear Research. CERN là tên thông dụng của tổ chức này, là viết tắt của Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire.



Chương 40

Khoa học trong thời đại số

Lần tiếp theo bạn bật máy tính của mình lên chắc không phải để "tính". Bạn có thể tra cứu thứ gì đó, gửi thư điện tử cho bạn bè, hoặc xem cập nhật kết quả bóng đá. Nhưng các máy tính ban đầu là các cỗ máy chỉ có thể tính, tức tính toán, mọi thứ nhanh hơn hoặc chính xác hơn bộ não của chúng ta.

Chúng ta nghĩ về máy tính như một công nghệ hiện đại nhất, nhưng ý tưởng về máy tính đã có từ rất lâu. Vào thế kỷ 19, nhà toán học người Anh Charles Babbage (1792–1871) đã phát minh ra một cỗ máy tính toán mà có thể được "lập trình" để thực hiện các trò đùa. Ví dụ, ông có thể thiết lập nó đếm từng số cho đến 1.000.000, và khi đến con số đó, nó nhảy luôn sang 1.000.002. Bất cứ ai kiên nhẫn nhìn nó đếm đến 1.000.000 hẳn sẽ bị bất ngờ bởi con số bị bỏ sót. Ý của Babbage là cỗ máy của ông có thể làm những việc mà chúng ta sẽ không nghĩ có thể xảy ra trong sự vận hành bình thường của tự nhiên.

Cuối thế kỷ 19, nhà toán học người Mỹ, Herman Hollerith (1860–1929) đã phát minh ra một cỗ máy chạy bằng điện sử dụng các tấm bìa đục lỗ để phân tích rất nhiều dữ liệu. Nếu các tấm bìa được đục lỗ chính xác và đưa vào máy, nó có thể "đọc" chúng và xử lý thông tin. Cỗ máy Hollerith rất hữu dụng trong việc phân

tích thông tin mà mọi người điền vào các phiếu điều tra dân số, được tập hợp để giúp chính phủ hiểu hơn về dân cư. Rất nhanh chóng, nó có thể tính được những dữ liệu cơ bản như người ta có thu nhập bao nhiêu, có bao nhiêu người sống trong mỗi hộ gia đình, tuổi tác và giới tính của họ. Tấm bìa đục lỗ vẫn là phương thức làm việc của đa số máy tính cho tới Thế chiến thứ hai.

Trong cuộc chiến đó, các máy tính cực kỳ thành công khi phục vụ các mục đích quân sự. Chúng có thể tính các quả bom sẽ đi bao xa, và chúng đóng một vai trò quan trọng hơn nhiều trong những nỗ lực tối mật nhằm giải mã những thông điệp của kẻ địch. Người Đức, Anh, và Mỹ đều phát triển những máy tính để hỗ trợ an ninh thời chiến. Đây là một sự mỉa mai kì diệu: máy tính hiện đại mở rộng thế giới của mọi người, nhưng khởi đầu nó lại là thứ mà chỉ vài người, thỏa mãn những điều kiện an ninh ngặt nghèo nhất, mới có thể tiếp cận.

Người Anh và Mỹ sử dụng máy tính để phân tích những thông điệp đã được mã hóa của người Đức. Nơi tập trung nỗ lực của người Anh trong việc bẻ khóa những mật mã của người Đức là một dinh thự nông thôn cũ, mang tên Bletchley Park, ở Buckinghamshire. Người Đức sử dụng hai cỗ máy tạo mật mã (mã hóa), Enigma và Lorenz. Mỗi ngày, các mã được thay đổi, đòi hỏi khả năng thích ứng cực tốt của các cỗ máy giải mã. Người Anh thiết kế hai máy giải mã, Bombe và Colossus. Colossus được đặt tên rất hợp, vì những máy tính này là những cỗ máy khổng lồ, lấp đầy nhiều phòng và tiêu thụ những lượng điện cực lớn.§ Những máy tính này sử dụng một loạt ống chân không để bật, tắt các tín hiệu điện. Những ống này tạo ra lượng nhiệt rất lớn và liên tục gặp lỗi. Những lối đi rộng chia tách các hàng ống để các kỹ thuật viên có thể dễ dàng thay thế các dây tóc đã cháy rụi. Vào thời đó, "gỡ lỗi" – "debug"§ – không có nghĩa là chạy một chương trình phần mềm, nó có nghĩa là đưa tay vào trong máy và tống sạch ra ngoài những con bọ, ngài hoặc ruồi, đã bay vào trong những ống

thủy tinh nóng kia và làm hệ thống bị đoản mạch. Các máy bẻ khóa đã rút ngắn thời gian cuộc chiến diễn ra và không có gì phải nghi ngờ khi nói rằng chúng đã giúp phe Đồng minh chiến thắng.

Một nhà toán học xuất sắc đã làm việc ở Bletchley Park: Alan Turing (1912–1954). Ông được đào tạo tại trường đại học trước đây của tôi ở Cambridge, trường King's College, nơi sự xuất sắc của ông được công nhận từ khi ông còn là sinh viên vào đầu những năm 1930. Ông công bố những ý tưởng quan trọng về toán học máy tính, và đóng góp của ông tại Bletchley Park thực sự xuất chúng. Sau cuộc chiến, ông tiếp tục phát triển các ý tưởng của mình. Ông có những kiến thức sâu sắc tuyệt vời về mối quan hệ giữa cách máy tính làm việc với cách bộ não của chúng ta làm việc; về "trí tuệ nhân tạo" (AI); và thậm chí về việc phát triển một cỗ máy có thể chơi cờ vua. Các đại kiện tướng cờ vua vẫn thường thắng một chiếc máy tính, nhưng các máy tính đang ngày càng giỏi hơn trong việc tạo ra được nước cờ tối ưu. Turing đã phát triển một mẫu máy tính điện tử sơ khai có tên ACE ở Phòng thí nghiệm Vật lý Quốc gia Teddington, London. Nó có khả năng tính toán lớn hơn rất nhiều. Nhưng cuộc đời ông lại có một kết thúc bi thảm. Ông là một người đồng tính, ở cái thời mà hành vi đồng tính là phạm pháp ở Vương quốc Anh. Bị cảnh sát bắt, ông trải qua một quá trình điều trị bằng hormone giới tính, để "chữa" thiên hướng tình dục của ông. Người ta gần như chắc chắn rằng ông đã tự tử bằng cách ăn một quả táo tẩm chất độc strychnine. Cuộc đời và cái chết của ông là một lời nhắc nhở rằng những nhà khoa học xuất chúng có thể là bất cứ ai, thuộc bất cứ chủng tộc, giới tính, tôn giáo và khuynh hướng tình dục nào.

Những cỗ máy khổng lồ được xây dựng trong cuộc chiến cực kì quý giá, nhưng chúng bị giới hạn bởi các van luôn rơi vào tình trạng nóng quá mức như đã nói ở trên. Một phát minh tiếp theo đã thay đổi máy tính và hầu như mọi thứ khác: linh kiện bán dẫn. Được John Bardeen (1908–1991), Walter Brattain (1902–1987) và

William Shockley (1910–1989) phát triển từ cuối năm 1947, thiết bị này có thể khuếch đại và bật tắt các tín hiệu điện. So với ống chân không, linh kiện bán dẫn nhỏ rất hơn nhiều và sinh ra ít nhiệt hơn hẳn. Chúng đã khiến tất cả các loại thiết bị điện, ví dụ như các máy radio bán dẫn, nhỏ hơn và hoạt động hiệu quả hơn nhiều. Ba người đàn ông ấy chia nhau giải Nobel Vật lý học cho nghiên cứu của họ, và Bardeen tiếp tục nghiên cứu để rồi nhận được giải Nobel thứ hai trong sự nghiệp cho nghiên cứu của ông về "chất bán dẫn", vật liệu cho phép các linh kiện bán dẫn và các mạch hiện đại ra đời.

Quân đội tiếp tục phát triển khoa học máy tính trong Chiến tranh Lạnh từ năm 1945 đến 1991. Hai siêu cường, Hợp chúng quốc Hoa Kỳ và Liên bang các nước cộng hòa Xã hội Chủ nghĩa Xô viết, không tin tưởng lẫn nhau, bất chấp việc cả hai từng là đồng minh trong Thế chiến thứ hai. Các máy tính được sử dụng để phân tích dữ liệu mà mỗi nước thu thập được về hoạt động của nước kia. Nhưng những chiếc máy tính ngày càng mạnh mẽ, có khả năng thực hiện cực nhiều phép tính đơn giản cũng là sự hỗ trợ to lớn đối với các nhà khoa học. Các nhà vật lý học đã tận dụng tối đa những cỗ máy mới và ngày càng được cải tiến này trong những năm 1960. Các máy gia tốc hạt năng lượng cao tạo ra nhiều dữ liệu đến mức đến cả một đội quân con người với bút chì và giấy cũng không thể nào xử lý được hết.

Ngày càng nhiều nhà khoa học máy tính trở thành các thành viên của những nhóm nghiên cứu khoa học, và các ngân quỹ cho nghiên cứu luôn bao gồm tiền lương và chi phí cho thiết bị của họ. Vì thế, việc một nhóm có thể nói chuyện với một nhóm khác không chỉ theo cách trực tiếp giữa người với người, mà còn theo cách giữa máy tính với máy tính, là hoàn toàn dễ hiểu. Thực ra việc này không đáng ngạc nhiên: điện thoại cũng đã được phát minh trước đó cả thế kỷ, và việc gửi thông điệp qua các đường dây điện tin thậm chí còn lâu đời hơn. Sau đó, vào đầu những năm 1960,

“chuyển mạch gói” (packet switching) đã ra đời. Các thông điệp số có thể được phân thành những đơn vị nhỏ hơn, và mỗi đơn vị sẽ di chuyển theo tuyến đường thuận tiện nhất, rồi được ráp lại với nhau ở điểm đến, tức màn hình của máy tính nhận thông điệp. Khi bạn đang nói chuyện qua một đường dây điện thoại, bạn đang ở trong “thời gian thực” và không người nào khác có thể gọi cho bạn. Nhưng bạn có thể gửi và nhận một thông điệp trên một máy tính, ví dụ như thư điện tử hoặc bài đăng trên một trang web, và nó sẽ nằm sẵn sàng ở đó bất cứ khi nào ai đó muốn đọc.

Chuyển mạch gói được phát triển đồng thời ở Hoa Kỳ và Vương quốc Anh. Là một tính năng phục vụ an ninh quốc gia, nó cho phép các lãnh đạo quân sự hoặc lãnh đạo chính trị liên lạc với nhau, và sẽ hoạt động bình thường ngay cả khi một số trong nhiều cơ sở hỗ trợ thông tin liên lạc đã bị phá hủy. Chuyển mạch gói khiến việc kết nối các nhóm máy tính trở nên dễ dàng hơn: *nối mạng* chúng. Một lần nữa, những nhóm người phi quân sự đầu tiên nối mạng là các nhà khoa học. Rất nhiều ngành khoa học hiện đại hưởng lợi từ việc hợp tác. Các cộng đồng hàn lâm là những nhóm hưởng lợi chủ yếu từ những máy tính ngày càng trở nên nhỏ và mạnh hơn của những năm 1960. So với những máy tính chúng ta dùng ngày nay, chúng là những cỗ máy cực lớn, cực chậm, và cực đắt. Nhưng bạn sẽ thở phào khi biết rằng người ta đã có thể chơi trò chơi máy tính vào thời điểm đó, vì thế trò vui đã bắt đầu từ rất sớm. Tốc độ thay đổi của máy tính tăng vọt vào những năm 1970. Các máy tính – hay máy vi tính, như cách mà người ta gọi chúng – với một màn hình và bàn phím đã trở nên đủ nhỏ để nằm vừa vặn trên một bàn làm việc. Khi những con chíp vi xử lý mà chúng mang trở nên mạnh mẽ hơn, cuộc cách mạng máy tính cá nhân bắt đầu. Phần lớn các nghiên cứu được thực hiện ở thung lũng Silicon ở bang California, Hoa Kỳ.

Máy tính tiếp tục thay đổi cách các cộng đồng hàn lâm làm việc và giao tiếp với nhau. Một trong những nhóm tập hợp nhiều nhà

vật lý học nhất thế giới làm việc tại Tổ chức Nghiên cứu Hạt nhân châu Âu (CERN), nơi có máy gia tốc hạt lớn Hadron, máy gia tốc hạt nhanh nhất thế giới (Chương 39). Các chuyên gia máy tính tại CERN đưa nối mạng và phân tích dữ liệu lên những tầm cao mới vào những năm 1980 và 1990. Một chuyên gia trong số đó là Tim Berners-Lee (sinh năm 1955). Berners-Lee luôn bị thu hút bởi các máy tính. Ông lớn lên cùng với chúng, bởi cả cha và mẹ ông đều là những người tiên phong trong lĩnh vực máy tính. Berners-Lee nghiên cứu vật lý học tại Oxford rồi chuyển đến làm việc tại CERN. Năm 1989, ông đề nghị những khoản kinh phí nghiên cứu cho đề tài "Quản lý Thông tin". Các cấp trên của ông ở CERN đã giúp ông được phần nào, nhưng ông kiên trì với ý tưởng làm cho lượng thông tin sẵn có và ngày càng nhiều trên Internet trở nên dễ dàng tiếp cận đối với bất cứ ai có một chiếc máy tính và một đường dây điện thoại. Cùng với cộng sự của mình là Robert Cailliau (sinh năm 1947), ông phát minh ra mạng toàn cầu – World Wide Web. Ban đầu, nó chỉ được sử dụng tại CERN và một hoặc hai phòng thí nghiệm vật lý học khác. Sau đó, vào năm 1993, nó trở thành mạng công cộng. Sự kiện này trùng hợp với sự phát triển ồ ạt của các máy tính cá nhân, không chỉ ở nơi làm việc mà còn tại nhà. Những người dẫn đầu cuộc cách mạng máy tính cá nhân, như Bill Gates (sinh năm 1955) của Microsoft và Steve Jobs (1955–2011) của Apple là những anh hùng khoa học hiện đại (và trở nên rất giàu có). Như vậy, năm 1955 hóa ra là một năm tốt lành cho máy tính: Berners-Lee, Bill Gates và Steve Jobs đều sinh năm này.

Tốc độ phát triển máy tính từ những năm 1970 trùng khớp với tốc độ phát minh ra những phương pháp để giải trình tự bộ gien. Việc hai sự kiện này diễn ra cùng lúc không phải là một sự trùng hợp ngẫu nhiên. Không thể tưởng tượng ra khoa học hiện đại mà không có máy tính hiện đại. Nhiều vấn đề nền tảng và quan trọng của khoa học hiện đại, từ thiết kế những loại thuốc mới cho đến mô hình hóa biến đổi khí hậu, đều phụ thuộc vào những cỗ máy

này. Tại các hộ gia đình, chúng ta sử dụng chúng để làm bài tập về nhà, đặt vé cho các kì nghỉ và chơi trò chơi máy tính. Những hệ thống máy tính nhúng điều khiển các máy bay của chúng ta, hỗ trợ công tác tạo hình ảnh y khoa và giặt quần áo cho chúng ta. Giống khoa học hiện đại, đời sống hiện đại cũng dựa vào máy tính.

Chúng ta không có gì phải ngạc nhiên với điều này. Một trong những điều tôi đã cố gắng trình bày trong cuốn sách này là ở bất cứ thời điểm nào trong lịch sử, khoa học vẫn luôn là sản phẩm của đúng thời điểm đó. Thời điểm của Hippocrates khác với thời điểm của Galileo hay Lavoisier. Họ ăn mặc, ăn uống và suy nghĩ như những người khác ở cùng thời với họ. Những người xuất hiện trong cuốn sách này tư duy sắc sảo hơn đa số những người cùng thời, và có khả năng truyền đạt các ý tưởng của mình. Đó là lý do vì sao những gì họ tư duy và viết ra đáng để chúng ta ghi nhớ.

Tuy nhiên khoa học của thời đại chúng ta mạnh mẽ hơn bao giờ hết. Máy tính là công cụ hữu ích với tội phạm và tin tặc cũng như với các nhà khoa học và sinh viên. Khoa học và công nghệ có thể bị sử dụng vào mục đích xấu một cách dễ dàng không kém gì khi chúng được sử dụng cho lợi ích chung của chúng ta. Chúng ta cần những nhà khoa học tốt, nhưng chúng ta cũng cần những công dân tốt, những người sẽ đảm bảo rằng khoa học của chúng ta sẽ biến thế giới thành một nơi tốt đẹp hơn để sống.

← Từ “colossus” trong tiếng Anh có nghĩa là một người hoặc một vật khổng lồ. ← Từ “debug” bắt nguồn từ cách chơi chữ của Đô đốc Grace Hopper khi bà kết hợp tiền tố “de” (loại bỏ) với từ “bug” (bọ, côn trùng) thành từ “debug” để mô tả việc người ta bắt một con ngài ra khỏi cỗ máy tính. Sau này nó được dùng để chỉ việc gỡ lỗi máy tính, và cả việc tìm kiếm, gỡ bỏ hoặc vô hiệu hóa các thiết bị nghe trộm.